A. Carabulea

Inițiere în ingineria sistemelor industriale. Modelarea sistemelor de energie

Scanned with OKEN Scanner

SERIA INIȚIERE

Automatică-Informatică-Electronică-Management

DONALD CULTER
INIȚIERE ÎN PROGRAMAREA CALCULATOARELOR
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
JOHN S. MURPHY
INIȚIERE ÎN CALCULATOARE NUMERICE
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
JOHN S. MURPHY
INIȚIERE ÎN PROGRAMAREA CALCULATOARELOR NUMERICE
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
T. D. TRUITT, A. E. ROGERS
INIȚIERE ÎN CALCULATOARE ANALOGICE
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
R. R. ARNOLD, H. C. HILL., A. V. NICHOLS
INIȚIERE ÎN PRELUCRAREA DATELOR
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
J. SHUBIN
INIȚIERE ÎN CONDUCEREA ÎNTREPRINDERILOR
Traducere din lb. engleză — S.U.A.
E. VASILIU
INIȚIERE ÎN DISPOZITIVELE SEMICONDUCTOARE
D. STANOMIR
INIȚIERE ÎN ELECTROACUSTICĂ
W. TRUSZ
ABC-UL REPARĂRII RADIORECEPTOARELOR
Traducere din lb. polonă (Ciclul ABC-uri)
A. POPA
ABC DE PROTECȚIA MUNCII (ciclul ABC-uri)
MARGARETA DRĂGHICI
INIȚIERE ÎN COBOL
STELIAN NICULESCU
INIȚIERE ÎN FORTRAN
PAUL CONSTANTINESCU și ZAHARIA NICOLAE
INIȚIERE ÎN ORGANIZAREA ȘI PROIECTAREA SISTEMELOR DE CONDUCERE CU MIJLOACE AUTOMATE
I. V. DUMITRESCU ș.a.
INIȚIERE ÎN TELEPRELUCRAREA DATELOR
I. CREȚU
INIȚIERE ÎN ESTETICA PRODUSELOR (Ciclul ABC-uri)
E. AISBERG
ABC DE RADIO ȘI TELEVIZIUNE (RADIOUL ȘI TELEVIZIUNEA, NIMIC MAI SIMPLU!) (Ciclul ABC-uri)
Traducere din limba franceză
J. D. WARNIER, B. M. FLANAGAN
INSTRUIRE ÎN PROGRAMARE
Traducere din limba franceză
I. H. BERNHARD, B. KNUPPERTZ
INIȚIERE ÎN TIRISTOARE
Traducere din limba germană
W. DEPPERT, K. STOLL
INIȚIERE ÎN PNEUMOAUTOMATICĂ
Traducere din limba germană
E. VASILIU
INIȚIERE ÎN RADIOELECTRONICA CUANTICĂ
V. POPESCU
INSTRUIRE PROGRAMATĂ ÎN CALCULATOARY NUMERICE
St. Bîrlea
INIȚIERE ÎN CIBERNETICA SISTEMELOR INDUSTRIALE

Scanned with OKEN Scanner

A. Carabulea

Inițiere în ingineria sistemelor industriale. Modelarea sistemelor de energie

Editura tehnică
București — 1978

Scanned with OKEN Scanner

Control științific: Prof. dr. doc. ing. **VASILE NITU**
Recenzie: Dr. ing. **VICTOR ROMERT**
Tehnoredactor: **VALERIU MORĂRESCU**
Coperta: **SIMONA NICULESCU**

Bun de tipar: 11.03.1978 Coli de tipar: 17,50
Tiraj: 4250 + 20 + 70 exemplare legate
C.Z. 658.5.001.5

Tiparul executat sub comanda
nr. 1780 la
Întreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918"
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București,
Republica Socialistă România

Scanned with OKEN Scanner

Prefață

A prefața lucrarea „Inițiere în ingineria sistemelor industriale" a Conf. dr. ing. A. Carabulea pentru un specialist cu o activitate de proiectare de peste 20 ani a instalațiilor energetice, ar trebui să fie o sarcină simplă. Prin însăși natura lor instalațiile energetice se concep ca subsisteme ale sistemelor energetice. Însăși subsistemele de termoficare reprezintă în sine sisteme tehnice cu principii și reguli proprii.

O incursiune în problematica energeticii, precum și în însăși dezvoltarea acestui nou domeniu „teoria sistemelor" poate detașa cîteva concluzii practice utile celor ce doresc să abordeze de pe poziții noi problemele energeticii.

Dezvoltarea societății în ansamblul său este condiționată în gradul cel mai înalt de nivelul consumului de energie sub cele mai diverse forme: căldură, energie chimică sau electrică etc. Folosirea celor mai perfecționate tehnologii în domeniul materialelor sintetice, industriei oțelului etc. necesită un mare consum de energie electrică, ceea ce a făcut să crească ponderea acestei forme de energie în balanța generală energetică.

Resursele de energie folosite în prezent fac parte îndeosebi din categoria celor epuizabile: cărbuni, țiței, gaze naturale, uraniu etc. Numai energia hidraulică, eoliană etc. sînt inepuizabile, dar ele participă în măsură redusă la acoperirea necesităților. În viitor, se consideră că va fi utilizabilă energia provenită din fuziunea nucleară și energia solară, care vor satisface necesitățile societății pe durată practic nelimitată.

În această etapă, alegerea direcțiilor de dezvoltare trebuie să se bazeze pe inventarul resurselor la scara întregii țări, oportunitatea valorificării lor în diferite domenii, alegerea instalațiilor de transformare, a proceselor tehnologice și a instalațiilor consumatoare, trebuie să rezulte dintr-o tratare unitară a problemelor energetice în cadrul unei concepții globale. Caracterul limitat al resurselor energetice clasice, tendința de creștere a ponderii investițiilor și cheltuielelor de exploatare determinate de necesitățile alimentării cu energie și combustibil a societății impun aprofundarea cercetării caracteristicilor tehnice și economice a diferitelor componente, găsirea tendințelor de evoluție a acestora în scopul fundamentării economice a deciziilor de dezvoltare a ramurii combustibilului și energiei pentru fiecare etapă încadrată organic într-o strategie a combustibilului și energiei care trebuie să fie proprie fiecărei țări în parte.

Scanned with OKEN Scanner

Concepția științifică care trebuie să stea la baza dezvoltării energeticii trebuie să conducă la determinarea proporțiilor optime de folosire a combustibililor, a transformării energiei primare în energie electrică, a utilizării cît mai raționale și mai eficiente a resurselor energetice. Caracterul complex al energeticii necesită cercetări interdisciplinare, care să permită o tratare de ansamblu, astfel încît deciziile privind satisfacerea consumului să rezulte din studii de optimizare care să fundamenteze economic folosirea resurselor energetice în diferite compartimente ale societății. Studiile de optimizare trebuie să se încadreze într-o strategie energetică pe termen lung, pentru a putea aprecia în mod obiectiv politica energetică de adaptat pe perioade scurte și încadrarea ei în tendințele viitoare ale societății.

Optimizarea dezvoltării energeticii necesită studii bazate pe cele mai perfecționate modele matematice, pe utilizarea calculatoarelor electronice, pe prelucrarea unui volum mare de informații. Concepția sistemică de tratare a problemelor energetice este ilustrată de dezvoltarea sistemelor electro-energetice ca subsisteme ale sistemelor energetice.

Teoria dezvoltării și funcționării sistemelor energetice a avut prin însăși natura sa un caracter sistemic, ea s-a dezvoltat în strînsă interdependență cu economia națională, cu nivelul și condițiile de trai ale populației. Teoria sistemelor energetice s-a dezvoltat actualmente ca o teorie unitară verificată de practica funcționării sistemelor energetice la scară națională și de dezvoltarea interconexiunilor între sisteme.

Necesitatea abordării sistemice a diferitelor probleme din domenii tehnice sau economice s-a făcut tot mai simțită. Aceasta a condus la elaborarea unei teorii a sistemelor de sine stătătoare.

Teoria sistemelor s-a formulat ca știință independentă la începutul anilor 50 ai secolului nostru și ca întemeietori sînt considerați L. von Bertalanffy și L.A. Zadeh.

Prima etapă de dezvoltare este marcată de lucrările lui Bertalanffy care în 1950 definește conceptul de sistem ca un complex de elemente în interacțiune și care include în teoria generală a sistemelor o serie de discipline care s-au dezvoltat pînă atunci independent și anume: cibernetica, teoria informației, teoria jocurilor, teoria deciziilor sistemotehnice, cercetările operaționale și psihologia inginerească. În această etapă teoria sistemelor reprezintă mai mult o formulare calitativă a concepției sistemice de abordare a problemelor sistemelor căreia i se atașează o serie de metode, tehnici și algoritme, elaborate în diverse domenii ale științelor și tehnologiilor în vederea rezolvării problemelor practice; spre deosebire de cibernetică, pe care o include ca subdomeniu de primă importanță, teoria sistemelor în această primă etapă nu se prezintă unitar.

Scanned with OKEN Scanner

A doua etapă de dezvoltare, începutul anilor 60, care este marcată de lucrările lui A.L. Zadeh, o constituie teoria abstractă a sistemelor, în care accentul cade pe formalizarea unitară a teoriei. În această etapă prin „sistem" se înțelege „o mulțime de perechi intrare-ieșire" (L.A. Zadeh, C.A. Desoer, „Linear System Theory", 1963, Mc Graw Hill) care consituie un „obiect abstract", aceasta, în definitiv, fiind model formal (matematic sau logic) al diverselor sisteme naturale indiferent de natura lor fizică. Se încearcă acum să se elimine caracterul de enciclopedie al teoriei sistemelor din prima etapă prin dezvoltarea unor concepte și modele matematice unitare pentru diversele tipuri de sisteme (discrete și continue, liniare și neliniare, nealeatorie și aleatorie, neoptimale sau optimale, neinstruibile și instruibile etc).

În prezent în cadrul teoriei sistemelor se dezvoltă intens teoria sistemelor autoadaptive, teoria sistemelor stocastice, teoria sistemelor industriale, teoria sistemelor de recunoaștere a imaginilor și teoria sistemelor vagi. Tendința generală a acestora este de a constitui un corp teoretic suficient de bogat, astfel încît să poată forma baza pentru modelarea și sinteza sistemelor naturale oricît de complexe.

Stadiul actual al teoriei sistemelor poate fi ilustrat printr-o aplicație spectaculoasă la modelarea pe termen lung a dinamicii sistemului mondial complex, (cuprinzînd subsistemele populate, economia industriei și a agriculturii, resursele naturale, ecologie etc), realizată sub conducerea sistemiștilor Mihajlo Mesarovic și Ed. Pestel și prezentată în 1974 la Seminarul asupra sistemului mondial regionalizat cu mai multe nivele de la „Institutul Internațional de Analiză de Sistem Aplicată", Laxenburg, Austria și sintetizată în cartea „Mankind at the turning point", 1974.

Din punctul de vedere al organizațiilor și al revistelor de specialitate care au obiect teoria sistemelor, primele au apărut în S.U.A. la sfîrșitul deceniului 6-lea prin instituirea „Society for General Systems Research" și editarea revistei „General Systems" din 1956. Ulterior în cadrul „I.M.B. Corporation" și „Rand Corporation" s-au dezvoltat secții de cercetare — dezvoltare în domeniul sistemelor. Revistele cele mai importante în acest domeniu sînt în momentul de față: „IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic" „Mathematical System Theory" în S.U.A. și „Sistemie Usledovania" în U.R.S.S.

În România, problemele sistemelor se studiază în principal în cadrul „Institutului Central pentru conducere și Informatică (I.C.I.)", „Institutul de Proiectări Automatizări (I.P.A.)" și în cadrul Institutului politehnic București (I.P.B.). Există de asemenea "Comisia de automatică a Academiei R.S.R." care cumulează și problematica teoriei sistemelor. Publicația în care apar lucrări de teoria sistemelor în R.S.R. este „Automatică — Management — Calculatoare",

Scanned with OKEN Scanner

editată de Editura tehnică. În anul 1975 în București s-a organizat "Congresul Mondial de sisteme generale și cibernetice".

Ca în orice domeniu de formație mai recentă, și în domeniul „teoriei sistemelor" au apărut și unele tendințe teoretizante sau predilecții pentru aspectul matematic al problemei în detrimentul laturii aplicative. Teoria sistemelor trebuie să se dezvolte ca o teorie cu caracter aplicativ, ale cărei principii, raționamente sau algoritme să conducă la rezolvări optime ale problemelor pe care le ridică diferite domenii ale economiei naționale.

Lucrarea Conf. dr. ing. A. Carabulea prelucrează cele mai actuale metode ale teoriei sistemelor și le aplică în practica industrială, la condițiile sistemelor energetice. Considerarea ansamblului producător—consumator într-o unitate sistemică, formularea modelelor și algoritmelor care descriu dezvoltarea și funcționarea acestui ansamblu reprezintă o contribuție importantă la optimizarea unităților industriale. Autorul abordează o sferă largă de probleme pentru care prezintă modele și algoritme de calcul.

Lucrarea, pe lîngă materialul documentar bogat pe care-l furnizează, reprezintă o pledoarie convingătoare pentru automatizarea problemelor în vederea optimizării lor cu ajutorul celor mai moderne mijloace de calcul.

Apreciez că lucrarea se va bucura de toată atenția din partea specialiștilor și va reprezenta o contribuție importantă la rezolvarea cît mai economică a problemelor pe care le ridică economia noastră națională.

Prof. doctor docent **Vasile Nitu**
Director Tehnic I.S.P.E.

Scanned with OKEN Scanner

Cuvîntul autorului

Necesitatea și oportunitatea lucrării de față se pot motiva pe baza următoarelor idei:

— Ritmul înalt de dezvoltare a economiei și a industriei socialiste reclamă metode noi de calcul și tehnici moderne de dimensionare a instalațiilor pe care ingineria sistemelor, avută în vedere la rezolvarea problemelor din lucrare, le oferă specialiștilor fără restricții sofisticate.

— Algoritmele din cadrul concepției sistemice de abordare a fenomenelor permit adîncirea analizei și sintezei activității întreprinderilor într-un timp mai scurt și cu rezultate mai concludente decît tehnicile clasice de calcul. Complexul de metode și scule matematice cu care operează ingineria sistemelor se justifică prin efectele obținute ca urmare a optimizării proceselor de producție, ceea ce dă consistență tehnicilor de organizare și conducere a sistemelor industriale.

— Rezultatele aplicării modelelor ingineriei sistemelor la proiectarea, montajul, exploatarea și dezvoltarea producției țărilor avansate din punct de vedere industrial arată că injectarea conceptului de optim *în maniera cercetării operaționale la nivelul sistemelor de energie trebuie să devină o preocupare majoră a specialiștilor din acest domeniu. Extinderea modelelor ingineriei sistemelor la analiza matematică a soluțiilor de concepere și organizare a activităților curente și previzionale va permite construirea rațională a deciziilor de conducere sistemică a unităților industriale și va înlesni optimizarea atît a corelațiilor dintre fenomenele interne cît și a legăturilor dintre sistemele analizate și mediu.*

Lucrarea este redactată în manieră sistemică, cuprinde modele ale cercetării operaționale de optimizare a organizării sistemelor industriale și redă modalitățile de construire a algoritmilor în vederea conducerii eficiente a proceselor de producție cu structură discretă și continuă.

Problemele de bază ale ingineriei sistemelor au fost sintetizate în lucrare pe patru domenii, și anume:

— conceptele ingineriei sistemelor industriale;
— modele în teoria cercetării operaționale;
— modele în teoria prognozei și în teoria deciziei;
— modele în teoria costurilor și a ingineriei valorii.

După fiecare capitol sînt prezentate o serie de exemple numerice construite în maniera teoriei cazurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea se încheie cu o selecție din cele mai reprezentative referințe bibliografice din domeniul ingineriei sistemelor industriale.

În conținutul lucrării sînt prezentate o serie de probleme reprezentative privind aplicarea cercetării operaționale la conceperea și realizarea instalațiilor, la exploatarea sistemelor energetice, la dezvoltarea sistemelor de energie, la construirea deciziilor de conducere sistemică a unităților de producție, la determinarea costurilor produselor realizate în cadrul sistemelor industriale ținînd seama de premisele ingineriei și analizei tehnico-economice a valorii. Prin această suită de algoritmi se jalonează conținutul unor studii tehnico-economice consistente pe baza teoriei stocurilor, teoriei așteptării, teoriei echipamentelor, teoriei ordonanțării, teoriei ingineriei umane, teoriei prognozei, teoriei deciziei, teoriei costurilor și teoriei valorii cu scopul eliminării arbitrarului la alegerea variantei optime de organizare și conducere a obiectivelor industriale.

Prin problematică și cuprins, lucrarea constituie un instrument de concepție și de lucru pentru un cerc larg de specialiști din producție și din învățămînt care se ocupă cu probleme de organizare și conducere a întreprinderilor sau își desfășoară activitatea în compartimentele de concepție ale sistemelor industriale.

Aspectele inedite, care sperăm să rețină atenția specialiștilor, se prezintă astf el:

— Problemele proiectării și analizei de sistem sînt tratate într-o viziune modernă cu încercarea de a se da prioritate concepției de realizare a sistemelor integrate (producție — consum).

Acest mod de prezentare a problemelor impune reflecții atît din partea specialiștilor din producție cît și a celor din învățămînt (care pregătesc studenții), întrucît în practica curentă de pretutindeni și inclusiv cea din țara noastră se constată tendința către o tratare separată a problemelor trecîndu-se cu vederea faptul că orice subsistem trebuie integrat ansamblului căruia îi aparține. În această manieră de tratare a problemelor, decizia poate fi mult îmbunătățită față de metodele clasice de lucru.

— Prezentarea unor modele agregat la nivelul sistemelor industriale și exemplificarea lor pe structura unui sistem de energie implică luarea în considerare a tuturor aspectelor generale și specifice ale activităților care se găsesc a nivelul cercetării-proiectării, montajului și exploatării întregului sistem și a evenimentelor care apar în contextul legăturilor sistem — mediu. Pe baza acestor considerații se cuantifică cheltuielile ce apar pe întreaga structură a anțului tehnologic (producție—consum) și se determină costul care reflectă efortul integral făcut pentru realizarea produselor materiale și energetice. Pe această cale se jalonează instrumente noi de lucru care pot contribui la ridicarea continuă a eficienței tehnico-economice a activităților industriale din țara noastră, problemă căreia conducerea noastră de partid și de stat îi acordă o atenție deosebită.

Scanned with OKEN Scanner

— Algoritmele concepute și aplicate în lucrare sub forma unor modele și scheme logice de calcul, pe activități, pot fi aplicate în producție (fără modificări sau după caz cu unele adaptări specifice procesului) de către cei care sînt confruntați în practică cu probleme complexe de optimizare a activității sistemelor industriale.

Lucrarea de față aduce în discuție față de alte lucrări ale autorului [112] aspecte noi, concretizate printr-o linie nouă de gîndire și de rezolvare a problemelor practice, în maniera ingineriei sistemelor și sintetizează un arsenal de instrumente matematice care permite abordarea sistemică a problemelor de organizare și conducere a proceselor de producție.

Prin tematică și conținut, studiul abordează o serie de probleme ce cad sub incidența studenților din cadrul institutelor politehnice cu profil energetic, a studenților din învățămîntul economic, a cursanților din învățămîntul post-universitar și a specialiștilor din producție care se ocupă cu optimizarea activității atît a sistemelor industriale cît mai ales a sistemelor de energie.

Mulțumim pe această cale tuturor celor care ne-au încurajat pentru realizarea acestei lucrări și menționăm că vom fi întodeauna receptivi la sugestiile specialiștilor, care ne vor ajuta să dezvoltăm modelele și tehnicile de lucru, prin aplicații originale în cadrul acestui nou domeniu de activitate.

Scanned with OKEN Scanner

Cuprins

Capitolul 1.

Conceptele ingineriei sistemelor industriale

1.1. Concepția sistemică în cercetarea fenomenelor 15

1.2. Principalele modele ale ingineriei sistemelor 23

1.2.1. Conceptul de model 23

1.2.2. Modele de sinteză ale ingineriei sistemelor 27

1.2.3. Modele specifice ale ingineriei sistemelor 31

1.3. Elemente de structură ale sistemelor de producție 36

1.3.1. Considerații generale 36

1.3.2. Elemente și procedee de calcul 41

Capitolul 2.

Modele în teoria cercetării operaționale

2.1. Considerații privind construirea structurii modelelor 75

2.2. Modele în teoria stocurilor și așteptării 106

2.2.1. Modele matematice în teoria stocurilor 106

2.2.2. Modele matematice în teoria așteptării 111

2.3. Modele în teoria echipamentelor și în teoria ordonanțării producției 122

2.3.1. Modele matematice în teoria echipamentelor 122

2.3.2. Siguranța în funcționare a sistemelor industriale 126

2.3.3. Modele matematice în teoria ordonanțării producției 129

Scanned with OKEN Scanner

2.4. Modele în teoria ingineriei umane și în teoria căutării 143
2.4.1. Modele matematice în teoria ingineriei umane 143
2.4.2. Modele matematice în teoria căutării 147
2.5. Modele în teoria investițiilor 152
2.5.1. Modele matematice în teoria eficienței investițiilor 152
2.5.2. Aspecte caracteristice ale modelării investițiilor la nivelul sistemelor de energie 158

Capitolul 3.

Modele în teoria prognozei și în teoria deciziei

3.1. Modele în teoria prognozei 171
3.1.1. Probleme de bază privind prognoza sistemelor de producție 180
3.1.2. Modele de prognoză la nivelul sistemelor industriale 191
3.1.3. Modele de prognoză la nivelul sistemelor de energie 199
3.1.4. Algoritmul optimizării rezervei de putere la nivelul unui sistem energetic 199
3.2. Modele în teoria deciziei 210
3.2.1. Baza de informații pentru decizie 210
3.2.2. Modele comentropice ale fluxului informațional 212
3.2.3. Modele de decizie la nivelul sistemelor industriale 214

Capitolul 4.

Modele în teoria costurilor și în ingineria valorii

4.1. Modele în teoria costurilor de producție din cadrul sistemelor discrete 227
4.2. Modele în teoria costurilor pentru producția de energie 233
4.3. Premise ale ingineriei și analizei valorii 239
4.3.1. Premisele ingineriei valorii cu aplicație la proiectarea instalațiilor industriale 240
4.3.2. Analiza valorii aplicată la exploatarea instalațiilor industriale 242
5. *Anexe* 249
A. 1 Elemente de deviz pentru instalații din structura unui sistem de energie 249
A. 2 Funcții matematice ulilizate la elaborarea prognozei 254
6. *Bibliografie* 267

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul **1**

Conceptele ingineriei sistemelor industriale

1.1. Concepția sistemică în cercetarea fenomenelor

Concepția sistemică fiind formată dintr-un arsenal de tehnici și metode pentru cercetarea fenomenelor este, după părerea mai multor autori, în faza euristică și creativă. Conceptul de *sistem* fiind un concept primar, nedefinit încă sub o formă curprinzătoare dovedește, că teoria sistemelor este în plină formare și evoluție. Orice contribuție a specialiștilor la dezvoltarea teoriei sistemelor sau a aplicațiilor în sfera diferitelor tipuri de sisteme clarifică punctul de vedere sistemic pe care îl îmbracă cercetarea fenomenelor în domeniu.

Dezvoltarea tehnicilor de calcul și a metodelor specifice de lucru în domeniul cercetării sistemice va permite implantarea tipului matematic de gîndire în manieră sistemică și va înlesni soluționarea problemelor mai rapid și mai eficient.

Modul sistemic de a modela realitatea cu instrumente ale cercetării operaționale scoate în evidență căile de analiză și sinteză a sistemelor economico-inginerești în vederea stabilirii variantei optime de concepere — realizare și funcționare a obiectivelor. Preocupările actuale ale cercetării științifice în manieră sistemică arată că *optimizarea* pare să devină problema centrală a teoriei și ingineriei sistemelor și din acest punct de vedere să se judece toate celelalte aspecte.

Dacă se pleacă de la ideea formulată de Galileo Galilei că natura este o carte scrisă în limbajul matematicii, atunci pentru descifrarea ei și pentru optimizarea sistemelor ce o compun este nevoie de un complex nou de metode matematice pe care le creează în prezent teoria sistemelor și le aplică îmbogățindu-le ingineria sistemelor. În această idee se face o legătură între știință-tehnică și economie la nivelul unui sistem oarecare. Corelarea optimă a acestor noțiuni la nivelul unui *sistem complex* se realizează prin intermediul conducerii sistemului. În vederea construirii unei suite optime de decizii se parcurg următoarele etape:

— se concepe structura sistemului nou sau se analizează structura sismului în funcțiune;

Scanned with OKEN Scanner

— se modelează structura studiată avîndu-se în vedere corelația dintre fluxul informațional și cel tehnologic;

— se testează noul model și se găsește soluția optimă pe baza unei suite de decizii prestabilite.

Toate aceste etape se parcurg în maniera sistemică de la intrarea la ieșirea sistemului analizat și se construiesc modele matematice pentru optimizarea activității fiecărui subsistem component. Se corelează apoi optimurile relative și se caută optimul global în funcție de restricțiile impuse de mediu.

Studiul sistemelor complexe în vederea optimizării activității lor reclamă utilizarea unui arsenal de tehnici și metode matematice cum ar fi: teoria ecuațiilor diferențiale, algebra abstractă, logica matematică, teoria mulțimilor și teoria probabilităților, cercetarea operațională, tehnica algoritmizării și modelării sistemelor etc. Aceasta arată că teoria sistemelor și respectiv concepția sistemică s-au născut din conlucrarea mai multor discipline și se dezvoltă ca o problemă interdisciplinară.

Dezvoltarea teoriei generale a sistemelor se poate împărți în cinci etape, și anume [82]:

— *Etapa Bertalanffy* caracterizată prin interesul exprimat pentru aspectele generale conceptual-metodologice ale teoriei sistemelor și utilizarea limitată a aparatului matematic.

— *Etapa Mezarol* (Mesarovic—Zadeh—Ashby—Lange) caracterizată prin cercetări pe sisteme abstract-matematice. Cercetările sistemice efectuate în această etapă au dus la construirea unor modele matematice interesante.

— *Etapa concepției sistemice în modelarea activității tehnice* caracterizată prin construirea unor sisteme tehnice complexe care funcționează automat.

— *Etapa cercetării operaționale* caracterizată prin aplicarea unor noi metode și tehnici la analiza sistemelor simple și deschiderea căilor de cercetare a sistemelor mai complicate.

— *Etapa începerii modelării sistemelor complexe și formularea premiselor ingineriei sistemelor economico-inginerești.* În această etapă s-au construit modele matematice de conducere și organizare optimală a proceselor industriale și se conturează concepția sistemică în abordarea prognotică a sistemelor complexe.

Este știut că problema cunoașterii obiectelor complexe a fost pusă în mod amplu pentru prima dată de K. Marx care a analizat acțiunile reciproce ale omului cu natura și societatea ca bază a cristalizării concepției dialectice privind corelațiile dintre parte și întreg.

Una dintre științele în care obiectele cercetării au început să fie privite ca sistem a fost biologia. Pe baza aceste noțiuni, de sistem, s-a explicat mai concis teoria evoluționistă a speciilor. Apoi cercetările au trecut de la abordarea proceselor separate la interacțiunea lor reciprocă. Ideile ciberneticii au înlesnit apoi gruparea fenomenelor și reprezentărilor organismului viu în jurul conceptului de sistem. Cercetările efectuate în acest domeniu, și care au perspectivă, sînt cele legate de aspectul dinamic al interacțiunii sistem mediu.

Prima variantă a teoriei sistemelor a fost formulată de biologul L. Bertalanffy care a explicat comportamentul, funcționarea și dezvoltarea sistemelor ținînd seama de părțile lui componente denumite *subsisteme*. O contribuție

la teoria sistemelor o are L. Zadeh care arată că aspectele distincte ale sistemelor se pot îmbrăca în modele matematice probabiliste ce descriu comportarea sistemului. El stabilește modele matematice care exprimă interacțiunea și interdependența subsistemelor din cadrul unor sisteme generale. O altă contribuție la teoria sistemelor i se datorește lui M. Mesarovic care a recomandat studierea unui sistem sub două aspecte și anume:

— aspectul terminal cînd se abordează sistemul din exterior și se deduce comportamentul acestuia;

— aspectul direcțional cînd se abordează sistemul plecînd de la cunoașterea anumitor părți ale comportamentului și se deduce scopul său. Ultimul aspect s-a dezvoltat și se aplică în prezent la studierea sistemelor economico-inginerești (sistemele om-mașină, sistemele industriale de diverse complexități, inclusiv sistemele sociale).

O altă variantă a concepției sistemice în studierea fenomenelor este formulată de O. Lange în cartea „Întregul și dezvoltarea în lumina ciberneticii". Lange recomandă pentru studiul sistemelor complexe trei tipuri de modele și anume:

— modelul intuitiv care reflectă comportamentul general al sistemului;

— modelul cibernetic care arată legătura generală dintre perechile de variabile intrare-ieșire;

— modelul matematic care îmbracă cu elemente de logică abstractă evenimentele din sistem.

Aceste recomandări au fost dezvoltate sub forma de modele matematice care se pot aplica la analiza activității sistemelor complexe.

Concepția de bază a abordării sistemice. Dintre conceptele de bază ale abordării sistemice reținem atenția: conceptul de sistem, conceptul de organizare și conceptul de optimalitate.

● *Conceptul de sistem* este greu de definit într-o formă concisă și exhaustivă.

Definirea conceptului de sistem după o serie de autori se poate formula astfel:

— L. Bertalanffy definește sistemul ca un *complex de elemente* aflate în interacțiune;

— L. Zadeh definește sistemul ca un *obiect abstract* caracterizat în principal prin conexiunea perechilor de mărimi intrare-ieșire. Sistemul este format din totalitatea elementelor sale aflate în interacțiune dinamică;

— M. Mesarovic definește sistemul ca *produs cartezian direct* al unei familii arbitrare de mulțimi, respectiv ca relație definită pe această familie;

— A. Hall și R. Fagen arată că sistemul reprezintă mulțimea obiectelor componente împreună cu relațiile dintre obiecte și dintre atribuțiile lor. Sistemul se definește ca *mulțimea de obiecte* care se corelează între ele sau mulțimea de obiecte unite printr-o relație oarecare.

Deosebirea dintre definițiile Hall —Fagen și Bertalanffy constă în faptul că primii înlocuiesc noțiunea de interacțiune prin aceea de relație utilizînd în noua definție toate sistemele pe care nu le satisfăcea formularea lui Bertalanffy. Întrucît lui Hall și Fagen li se reproșează că definiția lor este prea generală, se vor trece în revistă și alte formulări ale conceptului de sistem.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul se definește în dicționarul filozofic marxist ca mulțimea de elemente care alcătuiesc o anumită formațiune integrală. Specialistul sovietic Sadovski definește sistemul printr-o mulțime de elemente cu relațiile și conexiunile lor care generează o formațiune integrală oarecare.

După R. Ashby sistemul se formează prin separarea unei anumite părți dintr-un întreg, parte cu elemente ce se găsesc în corelație și interacțiune.

Orice sistem este înainte de toate obiect luat în sfera relațiilor cu celelalte obiecte cu care interacționează. Obiectele care interacționează formează sisteme dacă între ele (relațiile care le caracterizează și însușirile comune) există raporturi de corelație.

Noțiunea de sistem mai comportă următoarele definiții: set de obiecte interconectate; un mod ordonat de acțiune; un tot organizat de cunoștințe, mărimi și concepții; un mediu în care intră un set de informații care se prelucrează și se livrează la ieșire; un cadru în care acționează în comun oameni, mașini și calculatoare.

Un sistem ar fi, după cei mai mulți autori, un ansamblu de obiecte între care există o interacțiune, o legătură de orice natură. Un sistem trebuie să reprezinte un „TOT" la care obiectele sale definesc „CEVA" și sînt în interacțiune dinamică. Ținînd seama de definițiile date conceptului de sistem se poate spune că pentru abordarea unui sistem complex este necesar să se schimbe metoda de gîndire, în sensul trecerii de la abordarea analitic-sumativă a sistemului la tratarea dinamică a fenomenelor din structura sistemului deschis. Pentru menținerea echilibrului dinamic este necesar să se realizeze o coordonare riguroasă a proceselor care au loc în interiorul sistemelor.

În prezent sarcinile teoriei sistemelor se grupează pe trei direcții, și anume [43]:

— formularea principiilor generale ale sistemelor complexe indiferent de tipul sistemului, de elementele care îl compun și de raporturile între ele;

— stabilirea legilor exacte de comportare a sistemelor de un anumit tip;

— crearea bazei pentru izomorfismul legilor din diferite sfere ale realității și construirea modelelor generale de prognoză a sistemelor complexe.

● *Conceptul de organizare* este caracteristic noțiunii de întreg care reflectă acele conexiuni ale fenomenelor reale ce-și păstrează specificitatea caracteristică în condiții date.

Organizarea include noțiunea de *integralitate*. K. Marx a arătat, pe exemplul societății capitaliste, că sistemul posedă o anumită integralitate din care fiecare element este cauza și în același timp efectul stării altui element al aceluiași sistem.

Sistemul sintetizează aceste conexiuni și le dă o formă de ordine care implică conceptul de organizare. Organizarea presupune ordine și finalitate în declanșarea și realizarea acțiunilor. Ordinea exprimă ideea de realație precisă între elementele unui sistem pe baza unor funcții. Ordinea este o corelație a obiectelor sau proceselor unui sistem într-o anumită succesiune repetabilă în timp și/sau în spațiu.

Ordinea crește odată cu creșterea uniformității. Probabilitatea ordinii într-un sistem este cu atît mai mare cu cît este mai mică diversitatea elemen-

Scanned with OKEN Scanner

telor sale. Ordonarea stă la baza apariției conservării și dezvoltării raționale a structurii sistemului.

Caracteristicile de bază ale sistemelor complexe se pot formula astfel [87]:

— integritatea arată că prin schimbarea oricărui element din sistem se modifică întreaga structură a sistemului;

— sumativitatea arată că schimbarea sistemului în ansamblu reprezintă suma schimbărilor elementelor independente din sistem;

— mecanicizarea presupune un set de treceri ale sistemului de la starea de integralitate la starea de sumativitate;

— centralizarea reprezintă procesul de creștere a interacțiunii unei părți cu celelalte părți ale sistemului;

— organizarea erarhică presupune formarea subsistemelor în cadrul structurii sistemului;

— controlabilitatea presupune cunoașterea evoluției sistemului din starea inițială în cea finală;

— adaptabilitatea este legată de obligativitatea ca sistemul să satisfacă o clasă de calități ținînd seama de scopul urmărit;

— observabilitatea, adiționalitatea, finalitatea, structurabilitatea și funcționalitatea întregesc viziunea asupra comportării structurii sistemelor complexe.

● *Conceptul de optimalitate* vizează ordinea activității din cadrul unui sistem organizat astfel ca desfășurarea evenimentelor să se facă cu pierderi minime. Implementarea conceptului de optim la nivelul unui sistem complex începe cu modelarea și ordonarea activității pentru a atinge scopul propus (cheltuieli minime, respectiv cîștig maxim).

Optimalitatea urmărește extremizarea uneia sau mai multor performanțe în condiții de restricții tehnologice și funcționare date de corelațiile sistemului cu mediu.

Optimizarea se poate erarhiza astfel:

— optimizarea staționară, cînd extremizarea (maximizarea sau minimizarea) se realizează asupra unei funcții neținînd seama de variabila de timp;

— optimizarea dinamică (nestaționară), cînd extremizarea se referă la funcționale cu variabile dependente de timp. Optimizarea dinamică se asociază procesului de conducere a sistemului în timp și permite stabilirea predicției acestuia.

Asigurarea funcționării optimale a sistemelor complexe se face astfel:

— se formalizează structura sistemului ținînd seama de treptele ierarhice ce se impun;

— se cuantifică structurile ierarhice și legăturile dintre ele;

— se precizează competențele de decizii la fiecare nivel ierarhic;

— se urmărește o organizare rațională internă la nivelul fiecărui subsistem;

— se coordonează activitatea de conducere optimală la nivelul întregului sistem.

În funcție de complexitatea structurii se deosebesc cinci categorii reprezentative de sisteme și anume: sisteme automate; sisteme rezolutive; sisteme cu autoorganizare; sisteme predictive și sisteme autoreproductive.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele automate reacționează univoc la un registru restrîns de influențe externe. Organizarea lor internă este adaptată pentru trecerea la starea de echilibru în cazul unei oscilații.

Sistemele rezolutive reacționează constant la diverse clase de influențe externe.

Sistemele autoorganizatoare reacționează labil la semnale externe și se pot adapta la influențe necunoscute.

Sistemele predictive se construiesc pe baza sistemelor autoorganizatoare prin atașarea unei memorii și prin dobîndirea stabilității.

Sistemele autoorganizatoare sînt acele tipuri de sisteme care își modifică structura păstrîndu-și individualitatea.

Sistemul complex. Totalitatea acestor caracteristici ale sistemelor se pot regăsi în cadrul unui sistem complex. Un sistem complex (c) poate avea următoarele caracteristici de bază:

— interacționează activ cu mediul atît pentru obținerea resurselor cît și pentru excitarea condițiilor din mediu, în ideea creării climatului de funcționare eficientă a structurii sale;

— are o structură labilă care se poate adapta noilor situații intervenite în studiu, dar nu se poate ști ce comportare va avea sistemul în noua situație creată;

— are o capacitate suficientă de a utiliza experiența anterioară în procesul de optimizare a activității sale prin reflectarea restricțiilor impuse de mediu.

Sistemele complexe se regăsesc în practică sub forma sistemelor economico-inginerești. Ele interacționează activ cu mediul, sînt capabile să-și schimbe structura și pot să-și aleagă una din liniile posibile de conduită. La modelarea unor astfel de sisteme se ia în considerare un număr mare de factori care variază în limite largi și se pot stabili căile de dezvoltare optimală cu ajutorul modelelor matematice de tip joc.

Organizarea se referă la comportarea sistemelor pe intervalul de conducere, ceea ce echivalează cu cunoașterea dinamicii sistemului condus. Cînd această dinamică se referă doar la unele intervale de testare, atunci optimizarea se transformă într-o problemă locală de conducere care se soluționează prin condiția de extrem momentan al funcției de eficiență.

Conducerea optimală a unui sistem complex se poate realiza pe două căi și anume:

— se caută soluțiile ecuațiilor cu derivate parțiale care descriu comportarea sistemului și se determină mărimea de acționare în cadrul comenzii optimale. În acest scop se pot folosi ecuațiile Euler—Lagrange din cadrul calculului variațional sau ecuațiile Hamilton—Iacobi în maniera lui Kalman;

— se aplică teoria matematică creată de Bellman—Pontreaghin în maniera programării dinamice pentru sisteme cu structură discretă și continuă.

Teoria sistemelor complexe operează cu două moduri de abordare a desfășurării în timp a activităților și anume:

— abordarea curentă prin care se urmărește prezentarea operațională a fenomenelor și a relațiilor din structura sistemului și se precizează soluțiile de conducere a obiectivelor pe termen scurt;

Scanned with OKEN Scanner

— abordarea previzională care vizează comportarea într-un orizont mai larg de evoluție a structurilor sistemelor și urmărește cuantificarea activităților în ideea ce s-ar putea întîmpla în viitor față de cele prognozate.

Modelarea matematică a activității din cadrul sistemelor complexe supuse studiului în manierele abordărilor curente și previzionale poate fi realizată fidel cu ajutorul *modelelor de tip joc* care pun în evidență efectele acțiunilor întreprinse și eficiența conducerii sistemice a obiectivelor analizate.

Dintre sistemele complexe întîlnite în practica industrială, și anume cele naturale și cele create de om, ne vor reține atenția în cadrul lucrării de față, sistemele industriale concepute de om care cuprind resursa umană în interiorul lor.

Pentru a surprinde comportarea sistemelor industriale și pentru a le studia se face apel la arsenalul de metode din cadrul ingineriei sistemelor. Ingineria sistemelor urmărește conceperea, proiectarea, montajul, exploatarea și perfecționarea unităților industriale într-o viziune unitară cu scopul aplicării în practică a sistemelor integrate alcătuite din oameni, materiale și echipamente. Deci aplicarea concepției sistemice la studiul unităților industriale complexe trebuie să înceapă cu un studiu de prognoză începînd cu cererea de produse, trecîndu-se apoi la proiectarea și realizarea sistemelor integrate de producție în ideea ca produsele realizate să acopere consumul pe orizontul de prognoză avut în vedere. Reluarea ciclului de prognoză în perspectiva dezvoltării sistemelor industriale trebuie să se facă de la nivele noi ale cererilor de produse, care să reflecte nevoile sociale generate de gradul de civilizație al colectivului de oameni din cadrul sistemelor analizate.

Modelele matematice pentru prognozarea evoluției sistemelor industriale complexe și pentru optimizarea activității pot fi liniare sau neliniare după complexitatea fenomenelor, deterministe sau probabiliste după gradul de cunoaștere al domeniului de variație al variabilelor care descriu starea sistemului, cu structura discretă sau continuă după caracterul variabilelor care îmbracă fenomenele din cadrul sistemului analizat. Elaborarea acestor modele trebuie făcută pe subsisteme reunite într-un model agregat fie la nivelul instalațiilor tehnologice, fie la nivelul sistemului cercetat. Modelele pot avea caracter ierarhic dacă ele îmbracă fiecare subsistem component al unui obiectiv industrial și reflectă fiecare particularitate de modelare a părților componente în modelul general care descrie comportarea sistemului fie la nivelul secției de producție fie la nivelul întreprinderii. Gradul de generalitate a unui model matematic elaborat în concepția sistemică trebuie să crească la trecerea de la locul de muncă spre nivelul întreprinderii și de la ramura industrială spre economia națională.

După gradul de generalitate modelele matematice ale ingineriei sistemelor pot fi împărțite în două mari clase și anume: modele de sinteză și modele specifice. Ambele tipuri de modele se pot aplica la optimizarea sistemelor prevăzute cu și fără reacție inversă. În cele ce urmează vom dezvolta cu prioritate modelarea sistemelor complexe cu reacție inversă între mărimile de ieșire și cele de intrare în sistem.

Scanned with OKEN Scanner

Sisteme de energie. Aplicarea concepției sistemice la studiul sistemelor de energie poate fi făcută în următoarea manieră:

— *Precizarea elementelor de structură din cadrul sistemului cercetat și găsirea celor mai caracteristice legături tehnologice și organizatorice între subsistemele componente.* Astfel trebuie studiate atît structura tehnologică a centralelor rețelelor și consumatorilor energetici din cadrul sistemului cît .și căile de asigurare a resurselor necesare acoperirii cererilor de energie în perspectiva dezvoltării industriei și economiei țării. Simultan cu această acțiune trebuie organizată rațional activitatea productivă pe întregul lanț tehnologic ce leagă producția de consum atît pentru reducerea pierderilor de energie cît și pentru exploatarea rațională a instalațiilor analizate.

— *Elaborarea unor modele de optimizare a activității la nivelul întregului sistem de energie și găsirea unor soluții optime de dezvoltare a instalațiilor energetice în condiții restrictive impuse sistemului de mediul înconjurător.* Modelele se pot elabora la nivelul sursei de producere a energiei, la nivelul instalațiilor de transport și distribuție și la nivelul consumatorului de energie pe faze ale procesului de concepere și realizare a sistemului de energie. Astfel se elaborează modele de optimizare a activității de cercetare-proiectare a instalațiilor noi, modele de construcții -montaj a sistemelor proiectate și modele de exploatare-dezvoltare a unităților noi și a celor în funcțiune. Concepția sistemică impune ca la realizarea unor modele agregat ce reflectă legătura dintre producție și consum să se modeleze și corelațiile care apar la interfața dintre subsistemele componente și la nivelul corelațiilor sistemului complex cu mediul. Pe această cale se pot preîntîmpina neajunsurile ce apar la nivelul noului subsistem integrat organic în sistemul de energie în funcțiune.

Modelele de optimizare se pot elabora la nivelul centralelor și rețelelor electrice, la nivelul ramurii energiei electrice și termice și la nivelul economiei naționale. La nivelul instalației tehnologice se aplică pentru optimizarea activității un model de legătură dintre producția și consumul de energie. La nivelul întreprinderii de electrocentrale optimizarea activității în manieră sistemică se poate realiza cu modele elaborate pe funcții ale întreprinderii (aprovizionare, producție, personal, financiar-contabil și cercetare-dezvoltare). La nivelul ramurii și economiei unei țări optimizarea se poate face cu modele agregat cu care operează ingineria sistemelor, construite fie în maniera balanței legăturilor dintre ramuri, fie în maniera cuantificării fenomenelor din cadrul sistemelor de energie cu ajutorul teoriilor cercetării operaționale.

* * *

În cadrul lucrării de față se vor prezenta modelele de sinteză și modelele specifice ale ingineriei sistemelor care se vor compara în ideea „filozofiei modelelor" pentru a alege cele mai fidele relații de surprindere prin modelare a comportării sistemelor și pentru a le aplica la optimizarea structurilor discrete și continue ale sistemelor de energie.

Optimizarea se va face pe baza unei funcții de eficiență și a unui set cît mai complet de restricții. Modelul va fi construit în maniera cercetării operaționale pe următorul set de teorii: teoria stocării și așteptării, teoria echipa-

schema cu domenii.

mentelor și ordonanțării producției, teoria ingineriei umane și a activităților diverse, teoria prognozei și a deciziei, teoria costurilor și a ingineriei valorii.

Pe această cale se prelucrează conceptele de bază ale ingineriei sistemelor și se aplică arsenalul de modele matematice ale cercetării operaționale la optimizarea activității din cadrul sistemelor de energie. Această nouă viziune de modelare a activității atît la nivelul sistemelor simple cît și la nivelul sistemelor complexe care nu ignoră legătura sistemică dintre sursa și consumul de energie permite atît lărgirea zonei de investigație în domeniul sistemelor de energie cît și studiul aprofundat calitativ și cantitativ al fenomenelor cu ajutorul unor programe de testare și aplicare a modelelor, în ideea calculării indicatorilor de eficiență a întregii activități la nivele ierarhice de conducere a sistemelor complexe.

1.2. *Principalele modele ale ingineriei sistemelor*

1.2.1. Conceptul de model

O știință se maturizează pe măsura matematizării legilor cu care operează într-un anumit domeniu de specialitate. Utilizarea metodelor matematice în organizarea și conducerea sistemelor industriale a căpătat o extindere deosebită mai ales în etapa apariției calculatoarelor electronice. Modelarea matematică reproduce la scară, prin intermediul simbolurilor, o parte a realității, o mulțime de evenimente, o teorie dintr-un anumit domeniu de specialitate cu scopul testării comportamentului acestora și găsirii căilor de optimizare a desfășurării lor în practică.

Matematica ca instrument de reprezentare a teoriilor științifice se afirmă sub următoarele aspecte: logic, empiric și euristic. Sub aspect logic modelul matematic reconstituie teoria simbolic și îi verifică consistența, sub aspect empiric poate crea banca de date care leagă teoria de obiect, iar sub aspect euristic prin testare se pot descoperi relații și concepte noi.

Conceptul de *model* a fost folosit pentru prima dată în 1868 de matematicianul italian Bertrami care a construit un model euclidian pentru geometria neeuclidiană. Modelele matematice reproduc anumite laturi ale obiectelor supuse studiului prin intermediul unei teorii. Modelarea servește în această idee la cunoașterea științifică a realității și se ocupă de construirea unor modele care să servească scopului propus. Pe baza cunoașterii legilor care guvernează corelațiile dintre obiecte și fenomene se clădește o teorie care reflectă această realitate. Apoi se găsesc simboluri care pot reproduce principiile teoriei într-un model ce reflectă trăsăturile realității studiate.

Modelul ideal din punct de vedere științific este acela care reproducînd teoria unui fenomen se poate supune testării în diverse ipoteze de desfășurare din care să rezulte concluzii directe privind fenomenul cercetat. Modelele matematice servesc, pe această cale, la cunoașterea fenomenelor și la descoperirea de noi relații între acestea. Modelul, în măsura în care reprezintă

Scanned with OKEN Scanner

realitatea, este construit totdeauna prin intermediul unei teorii și face legătura dintre aceasta și obiectul cercetat. Corelația *teorie-model-realitate* se studiază atît sub aspect logic cît și sub aspect gnoseologic. Sub aspect logic se arată corespondența dintre teorie și model, iar sub aspect gnoseologic se urmărește corespondența dintre model și realitate. Modelul matematic intervine între teorie și obiectul real și trebuie testat în raport cu realitatea exprimată de obiect. Teoria se modelează și se concretizează într-un model sintetic care exprimă caracteristicile de bază ale obiectului analizat. Orice model matematic ale cărui simboluri se deduc prin postdicție poate fi o cale de raportare a teoriei la realitate. Unul și același fenomen, respectiv obiect, poate fi modelat din mai multe puncte de vedere și după gradele de izolare la care este supus. Punctul de vedere trebuie să conducă la adevăr, iar gradul de izolare trebuie realizat așa fel încît să se reflecte în model corelațiile esențiale ale obiectului cu mediul.

Pentru ca modelul să corespundă cu teoria la care se referă și să se verifice în confruntarea cu realitatea trebuie ca structura lui, a teoriei și a obiectului reprezentat, să fie izomorfă. Conceptul de *izomorfie* are o importanță hotărîtoare în modelare, deoarece prin el se arată că obiectele corespund modelelor sale și viceversa. Aceasta presupune că două sisteme în care au loc cel puțin două procese ce se pot descrie cu aceleași modele matematice sînt izomorfe.

Modelul, pentru a fi util în cercetarea științifică mai ales sub forma rezultatelor sale, trebuie să fie izomorf cu obiectul sau cu teoria pe care o reprezintă, ceea ce implică existența aceleiași structuri. Confruntarea modelelor macroeconomice cu realitatea este foarte rar posibilă pe cale experimentală, deși acest lucru nu este nicidecum exclus. Verificarea în practică a micromodelelor este mult mai ușor de efectuat și se poate realiza pe cale experimentală. Dacă nu se va merge pe linia modelării fenomenelor din cadrul sistemelor de producție și nu se vor confrunta modelele matematice moderne cu realitatea atunci organizarea și conducerea producției nu vor fi în pas cu dezvoltarea tehnologiei. Modelarea sistemelor de producție realizată în maniera cercetării operaționale permite pe de o parte reprezentarea teoriei care duce la cunoașterea fenemomenelor ,iar pe de altă parte servește ca instrument pentru noi descoperiri. În această viziune modelul este atît un punct de plecare pentru previziune cît și o intervenție conștientă în vederea modificării realității. Pe baza testării modelelor se scot în evidență stările posibile de desfășurare ale proceselor și se pot preciza căile de intervenție pentru optimizarea structurii sistemelor modelate. Modelarea ca metodă matematică de conducere și organizare a sistemelor de producție oferă următoarele avantaje:

— reprezintă riguros fenomenele și legăturile lor la nivelul sistemului analizat;

— permite verificarea prin analogie a teoriei cu practica;

— ușurează descoperirea unor corelații dintre fenomene care stau la baza procesului de decizie;

— reflectă teorii ale proceselor cuantificabile și necuantificabile;

— urmărește obținerea unei soluții optime și descrierea necontradictorie a unor procese precum și a teoriilor care le reflectă.

Scanned with OKEN Scanner

Problemele de organizare și conducere pot și trebuie să fie formalizate matematic. Garanția corectitudinii logice se poate obține numai prin modelare matematică. Cei care se îndoiesc de posibilitatea cuantificării matematice a fenomenelor trebuie să examineze metodele proprii de lucru ca să se convingă de contrariul. Orice modelare matematică conține o funcție de eficiență care reflectă cantitativ fenomenele, iar prin setul de restricții exprimă calitatea lor prin limite de variație ale mărimilor care intervin în proces (de exemplu, variația frecvenței și tensiunii și continuitatea în alimentarea cu energie a consumatorilor).

Trebuie făcută o deosebire între aplicarea matematicii în economie și în politica economică. În economie, matematica se poate aplica fără rezerve pentru a se ajunge la dezvoltarea științifică a acesteia. Utilizarea matematicii ca instrument de politică economică este limitată de variabilele economice necuantificabile, respectiv de necesitatea luării în considerare a unor factori politico-sociali. În această idee trebuie stabilit decalajul între optimul economic și politica obiectiv necesară, dictată de problemele de interes național. Se determină limitele în care trebuie să se încadreze politica economică cu scopul alegerii soluției corecte, chiar dacă nu s-a atins optimul matematic.

De multe ori se vorbește de folosirea „abuzivă" a matematicii în organizare și conducere, dar este greu de spus cînd se fac asemenea „abuzuri". Orice „abuz" ar putea fi izvorul unei descoperiri de modele sau metode pentru o conducere eficientă a sistemelor de producție. Optimizarea sistemelor de producție se poate face folosind „abuziv" conceptele cercetării operaționale sub forma programării liniare și dinamice (teoria cozilor, teoria grafurilor, teoria jocurilor etc.). Pentru a optimiza activitatea unui sistem industrial se caută extremul (maxim sau minim) al funcției de eficiență în condiții restrictive impuse de corelația sa cu mediul. După scrierea și testarea programului se verifică în practică soluția obținută.

Modelarea urmărește reproducerea interioară sau exterioară (materială) a unor trăsături ale sistemelor reale cu scopul predeterminării comportamentului acestor sisteme și în ideea optimizării evoluției lor. Conceptul de model în logica matematică înseamnă interpretarea corectă a unui sistem formal și deci este o particularizare și concretizare a unei scheme generale a realității. În cibernetică conceptul de model oglindește o serie de date și relații dintr-un anumit domeniu cu ajutorul unei tehnici reprezentative mai simple și mai ușor de manevrat, pentru a exprima caracteristicile sistemului pe care-l reprezintă. Modelarea se realizează cu ajutorul unor relații de analogie între structura imaginată și realitate în baza unor legi care guvernează sistemul real.

Modelarea cibernetică ca formă a unității dintre cunoaștere și acțiune, respectiv ca unitate între teorie și practică urmărește:

— folosirea mai intensă a metodelor moderne de reprezentare a realității;

— trecerea de la euristica experimentală, care se referă la singular și particular, la euristica constructoare de modele care reflectă generalul;

— studierea modelelor în manieră sistemică.

Modelele ciberneticii se înscriu atît în domeniul teoreticului cît și în domeniul practicului prin abstractizarea realității și prin realizarea efectivă a sistemului în partea lui funcțională. Din dialectica modelării izvorăște perfec-

tibilitatea practică nelimitată a modelelor matematice care exprimă perfectibilitatea cunoașterii încorporată în acțiunea umană. După cum se arată în literatură, modelul matematic general se referă la domeniul posibilului logic, pe cînd modelul cibernetic se referă la posibilul realizabil. Limitele modelării cibernetice sînt aceleași cu cele ale cunoașterii dialectice ale realității, cu condiția ca sistemul să comporte reacție inversă, să fie dotat cu o sursă de date și să aibă o astfel de structură încît principiile sale de construcție să funcționeze, să respecte legile matematice și legile naturii.

Prin modelare se obțin informații asupra comportării sistemului și pe baza lor se prevăd măsuri de optimizare a activităților din cadrul sistemului modelat. Condițiile de aplicare a modelării ciberneticii se pot formula astfel:

— originalul se reproduce în model prin extrapolarea celor mai caracteristice aspecte de comportare;

— modelul reflectă dimensiunile sistemului analizat care nu sînt explicite în datele inițiale;

— domeniul la care se referă modelul trebuie să fie mai bine cunoscut decît domeniul din care face parte originalul.

Modelarea cibernetică aplică metode de analiză a sistemelor în funcțiune și de sinteză în vederea realizării de sisteme noi. Analiza și sinteza se pot realiza cu ajutorul modelării cibernetice în maniera sistemică pe baza conceptelor cercetării operaționale. Pe această cale se pot organiza și conduce optimal întreprinderile industriale considerate sisteme cibernetice de producție. Cibernetica ca teorie generală a sistemelor dinamice arată că modelarea se poate realiza la nivelul oricărei acțiuni finalizante cu scopul optimizării activității din cadrul sistemului modelat.

În vederea modelării aspectelor tehnologice și funcționale ale unui sistem cibernetic se operează cu trei modele de bază și anume: modelul Shannon, modelul Bonsack și modelul Epistemologic. Primul are aplicație în sfera transmiterii informației, al doilea cuprinde în plus zonele de codificare și decodificare a informațiilor din sistem, iar al treilea se referă la cunoașterea fenomenelor (obiectelor) din sistemul considerat.

După stabilirea performanțelor unui model epistemologic se poate trece la optimizarea funcționării sistemului modelat în raport cu funcția de eficiență și setul de restricții impus de corelațiile sistemului cu mediul.

Organizarea optimală a unui sistem prin intermediul modelării cibernetice se realizează pe modele simplificate „cutie-neagră", „cutie-albă" în care reacțiile (pozitive și negative) tind să autoorganizeze sistemul în raport cu cerințele impuse în modelul matematic.

Corelația conceptului de *sistem* cu conceptul de *model* trebuie înțeleasă în sensul completării golului care exista în teoria optimizării activității la nivelul obiectivelor industriale. Sistemul poate imprima modelului o formă cît mai fidelă de legătură a fenomenelor și poate conduce la adîncirea optimizării prin setul de restricții ce condiționează validarea fidelității modelului cu realitatea.

Optimizarea activității unui sistem industrial pe bază de modele matematice construite în maniera cercetării operaționale, așa cum se va arăta în conținutul lucrării, presupune construirea rațională a deciziilor și permite

Scanned with OKEN Scanner

eliminarea erorilor din cadrul strategiilor de organizare a structurii sistemului cercetat.

În această idee se vor elabora în cadrul capitolelor al doilea și al treilea ale lucrării de față modele matematice generale și domeniale cu scopul construirii deciziilor optimale la care pierderile de resurse la nivelul întreprinderilor, considerate sisteme de producție, să fie minime.

1.2.2. Modele de sinteză ale ingineriei sistemelor

Prin *modele de sinteză* ale ingineriei sistemelor trebuie să se înțeleagă o suită de relații care îmbracă cît mai fidel comportarea sistemului în raport cu realitatea. Modelele de sinteză urmăresc exprimarea principalelor caracteristici de funcționare a sistemului prin intermediul indicatorilor de performanță, cu scopul de a determina evoluția optimală a structurii sistemului pe un orizont prestabilit. Modelele de optimizare a comportării sistemelor industriale pot fi concepute în manieră deterministă și probabilistă și pot avea structură discretă, respectiv continuă.

Caracterul determinist, respectiv probabilist, al modelelor cu care operează ingineria sistemelor este dictat de caracterul aleatoriu sau nealeatoriu al setului de variabile care descrie comportarea sistemului.

Modelele cu structură discretă și cele cu structură continuă se construiesc pentru sisteme ale căror activități pot fi descrise de variabile discrete, respectiv de variabile continue. Dacă sistemul comportă în structura sa activități cu caracter discret-continuu atunci la optimizarea evoluției sistemului se poate utiliza un model matematic hibrid.

Într-un *model hibrid* se folosesc distribuții de probabilitate pentru variabilele discrete și pentru cele continue. O atenție deosebită trebuie acordată corelării celor două seturi de probabilități, astfel ca rezultatele obținute prin aplicarea în practică a modelelor hibride să descrie cît mai fidel realitatea modelată.

În lucrare se vor prezenta modelele de sinteză Bellman, Pontreaghin și modele de tip cost-actualizat. Totodată se vor construi și testa modele probabiliste de tip cost-actualizat pentru diverse nivele de optimizare a activității sistemelor de energie.

Modelarea activității unui sistem industrial în vederea optimizării comportamentului său se poate face fie pe cale, *globală* fie pe cale *structurală*. În primul caz se concepe legătura matematică a forțelor externe și interne care apar la nivelul sistemului și se caută echilibrul dinamic dictat de corelația rațională dintre investițiile ce se fac pentru dezvoltarea sistemului și consumul de resurse în condiții probabiliste de evoluție a structurii sistemului. Soluțiile unui asemenea model au caracter calitativ, în sensul că precizează dacă sistemul este în echilibru în raport cu forțele impuse de mediu, dacă sistemul regresează sau este în evoluție în raport cu starea sa inițială. Acest model nu satisface așteptările specialiștilor în conceperea structurii sistemelor noi și de aceea modelarea sistemelor industriale se face pe cale structurală. Calea structurală de modelare a sistemelor complexe presupune „spargerea cutiei negre", care reprezintă sistemul și modelarea atît a structurilor tehnologice interne a sis-

Scanned with OKEN Scanner

temului cît și a legăturilor externe care leagă sistemul cu mediul în care va funcționa. Încadrarea sistemului nou conceput în structura instalațiilor în funcțiune trebuie făcută în ideea creșterii indicatorilor de eficiență a activității la nivelul ansamblului realizat.

Dintre modelele de sinteză cu care operează ingineria sistemelor reținatenția modelele hibride care apar sub forma modelelor matematice cu structura discretă și continuă. Dacă variabilele din model depind de timp, atunci modelele îmbracă un regim nestaționar al sistemului. În caz contrar modelul matematic care descrie starea sistemului are caracter staționar.

Modelele matematice discrete și continue comportă în structura lor o funcție de eficiență și un set de restricții. Funcțiile de eficiență pot avea caracter determinist sau probabilist.

Modelele *deterministe* se concep pentru situații certe de conducere a sistemelor industriale, iar modelele *probabiliste* pentru situații incerte de evoluție a sistemelor complexe.

Situațiile incerte se pot modela în condiții de risc cînd în relațiile matematice ce reprezintă caracteristicile sistemului sînt cuprinse probabilități cunoscute de evoluție a fenomenelor, dar ele nu se realizează la nivelele calculate.

Condițiile de incertitudine totală în care se desfășoară evenimentele din cadrul unui sistem complex se pot modela cu relații matematice în care probabilitățile sînt necunoscute. Pentru determinarea acestor probabilități de evoluție a evenimentelor din cadrul sistemelor industriale se utilizează metode de tip joc dintre care metoda Monte-Carlo se aplică în prezent pe scară industrială.

Modelele de sinteză cu care operează ingineria sistemelor se pot scrie în maniera costurilor sub următoarele forme:

a) **Funcțiile de eficiență discretă și continuă în varianta Bellman** [22]:

— *discretă*

— *continuă*

$$\left.\begin{aligned} Q_N(X_N) &= \min_{dN} [q_N(X_N, d_N) + q_{j-1}(X + \Delta X)] \\ Q(X, t) &= \min_{X(t);\, t} \int_{-t}^{t} q[(Mt);\, X(t);\, t]\, dt \end{aligned}\right\} \qquad (1.1)$$

$$X_{j-1} = t_j(X_j, d_j);\ j = (1, \ldots N)$$

b) **Funcțiile de eficiență discretă și continuă în varianta Pontreaghin** [71]:

— *discretă*

— *continuă*

$$\left.\begin{aligned} J_d &= \min_{Z_n;\, Y_n} \sum_n g_n(Z_{n-1};\, Y_n); \\ J_c &= \min_{y,\, z} \int_a^b F[X,\, Y(X);\, Z(X)]\, dX, \end{aligned}\right\} \qquad (1.2)$$

$$Z_n = Tn(Z_{n-1};\, Y_n);\ n = (1, \ldots N)$$

$$Z'_x = q[X;\, Y(X);\, Z(X)]$$

Scanned with OKEN Scanner

c) **Funcțiile de eficiență discretă și continuă în varianta cost-actualizat** cuprind în structura lor cheltuielile totale actualizate sub următoarele forme:

— *discretă*

$$\left.\begin{aligned} Z_{ac} &= \sum_{i=0}[I_i(1+p_n)^{m-i} + C_i(1+p_n)^{m-i} + D_i(1+p_n)^{m-i} - \\ &- V_i(1+p_n)^{m-i}] - \sum_{i=1} V_{ri}(1+p_n)^{m-i} - R_n(1+p_n)^{-n} = \text{minim} \\ Z_{ac} &= \sum_{i=0}(1+p_n)^{m-i}[I_i + C_i + D_i - V_i] - \sum_{i=0} V_{ri}(1+p_n)^{m-i} - \\ &- R_n(1+p_n)^{-n} = \text{minim};\ Z_c = C_e + p_n I_c = \\ &= (p_c t_f + p_n i_{sp})\, P_i = \text{minim} \end{aligned}\right\} \quad (1.3)$$

— pentru *structurile continue* sumele din relațiile (1.3) se transformă în integrale.

Comparînd modele a, b și c în ideea selectării celui mai fidel model care reprezintă rațional sistemul pe calea structurală se constată după algoritmul prezentat în schema logică din fig. 1.1, că modelul cost-actualizat reflectă mai direct în costuri activitatea sistemelor complexe și este mai ușor de aplicat decît primele două modele. Pe acest considerent vom scrie în cele ce urmează modelele de optimizare a activității sistemelor de energie în maniera cost-actualizat ținînd cont de concepția sistemică de abordare a fenomenelor.

d) **Modele în sistemele de energie.** Plecînd de la principiul optimalității care spune că o strategie optimală de evoluție a sistemului nu poate fi formată decît din substrategii optimale, este normal să se construiască modele de optimizare mergînd de la nivelul unui sistem de energie spre întreprindere și spre instalația tehnologică. În acest fel se respectă condițiile ierarhizării modelelor și se pot construi relații generale de optimizare a întregii activități care, prin particularizare, duc la modele operative de lucru la nivelul fiecărei întreprinderi și a fiecărei instalații energo-tehnologice.

Structurile funcțiilor de eficiență ale modelului cost-actualizat la nivelul sistemului de energie (r), la nivelul întreprinderii (p) și la nivelul instalației (e) se pot scrie astfel:

$$\begin{aligned} Z_{ac}^{(r)} &= (Z_{cp} + Z_{cm} + Z_{exd})_{ac} = \text{minim} \\ Z_{ac}^{(p)} &= (Z_{apr} + Z_{prd} + Z_{per} + Z_{fct} + Z_{cdv})_{ac} = \text{minim} \\ Z_{ac}^{(e)} &= (Z_{sr} + Z_{tr} + Z_{dt})_{ac} = \text{minim}. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Structura funcțiilor de eficiență din (1.4) scrisă în maniera cercetării operaționale arată astfel:

$$\left.\begin{aligned} Z_{ac} &= Z_{sa} + Z_{e0} + Z_{icd} + Z_{pg} + Z_{dd} = \text{minim} \\ Z_{sa} &= Z_s + Z_a;\ Z_{e0} = Z_e + Z_0;\ Z_{icd} = Z_i + Z_{cd} \\ Z_{pg} &= Z_{prg} + Z_{rez};\ Z_{dd} = Z_{dc} + Z_{np} \end{aligned}\right\} \quad (1.5)$$

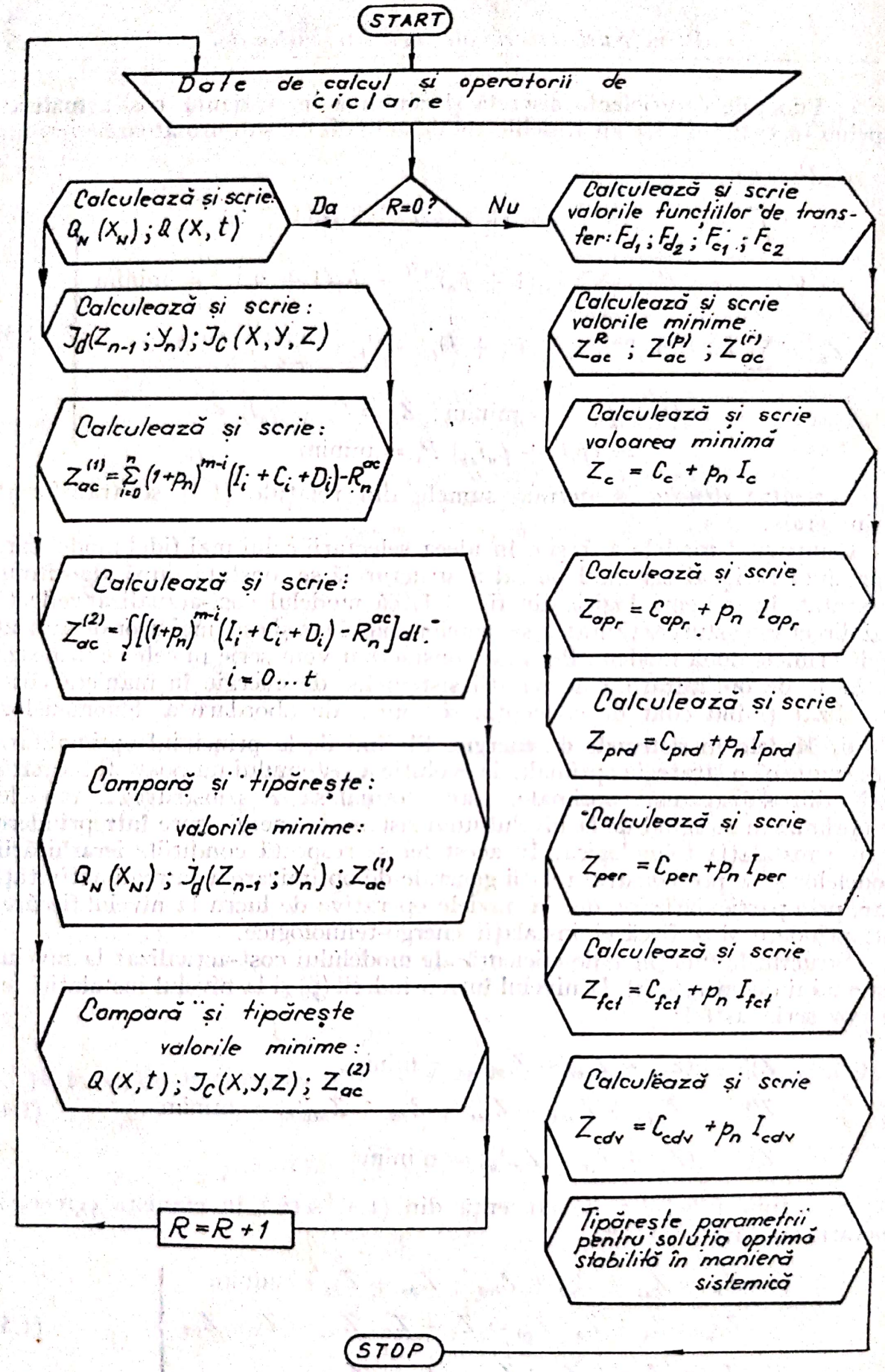


Fig. 1.1. Schemă logică privind aplicarea modelelor de sinteză ale ingineriei sistemelor.

Scanned with OKEN Scanner

În relațiile (1.1)—(1.5) intervin următoarele mărimi:

$Q_N(X_N)$; $Q(X, t)$ sînt cheltuielile totale în manieră Bellman pentru variabile discrete (X_N) și continue (X) la decizia (d_N), timpul (t) pentru matricea operatorie $M(t)$ considerînd că procesul este secvențial cu etapele ($j = 1 \dots N$) și cu un pas de trecere ΔX pentru care corespunde un cost specific (q); J_d, J_c — cheltuielile totale în manieră Pontreaghin pentru variabilele discrete (Z_{n-1}; Y_n) și continue (X, Y, Z) în cazul unor funcții de optimizare de forma (q_n) și $F[x, y(x), Z(x)]$; Z'_x — derivata în raport cu (x) a funcției implicite (Z); Z_{ac}; Z_c — cheltuielile totale actualizate (Z_{ac}) și cele de calcul (Z_c) în maniera teoriei costurilor; p_n — coeficient de eficiență (0,1 ÷ 0,08); C_t; I_t — cheltuielile și investițiile pentru anul de raportare (i) începînd cu anul începerii funcționării obiectivului ($m = 1$); D_t — cheltuielile cu daunele provocate de întreruperea funcționării instalațiilor electrice de producere, transport și distribuție a energiei; V_t — venitul net obținut prin intrarea parțială în funcțiune a instalațiilor înainte ca întregul obiectiv să fie terminat. V_{rt}; R_n — valoarea reziduală a instalației în anul (i) și valoarea remanentă în anul (n); C_c; I_c — cheltuielile și investițiile de calcul; n — perioada de studiu ($i = 0, \dots, m, \dots, n$); $Z_{ac}^{(r)}$; $Z_{ac}^{(p)}$; $Z_{ac}^{(e)}$ — cheltuielile totale actualizate la diverse nivele ierarhice de optimizare a activității. Z_{cp}; Z_{cm}; Z_{exd} — cheltuielile totale pe fazele de lucru: cercetare-proiectare ($c\,p$); construcții-montaj ($c\,m$) și exploatare-dezvoltare ($ex\,d$) ale sistemului de energie. Z_{apr}; Z_{prd}; Z_{per}; Z_{fct}; Z_{cdv} — cheltuielile totale pentru funcțiile întreprinderii: aprovizionare, producție, personal, financiar-contabil și cercetare-dezvoltare. Z_{sr}; Z_{tr}; Z_{dt} — cheltuielile totale la nivelul instalației de distribuție (dt), transport (tr) și la nivelul surselor de combustibil și energie (sr). Z_{sa} — cheltuielile pentru stocare și așteptare. Z_{eo} — cheltuielile pentru echipamente și ordonanțare; Z_{icd} — cheltuielile cu ingineria umană (i), cu teoria căutării și cu activitățile diverse, (cd). Z_{pg} — cheltuielile cu prognoza (Z_{prg}) și rezerva de putere (Z_{rev}) la nivelul întregului sistem de energie. Z_{dd} — cheltuielile de decizie cuprind atît costul activităților, a instalațiilor și retribuția decidenților cît și costul acțiunilor neprevăzute.

Pentru a putea adînci optimizarea sistemelor complexe vom face în continuare considerații asupra modelelor specifice ale ingineriei sistemelor și ne vom referi la structura și aplicațiile funcțiilor de transfer, la modelele dinamicii industriale și la conceptele controlului optimal, cu scopul fructificării celor mai eficiente tehnici ale ciberneticii la nivelul conducerii cu calculatoare a sistemelor de energie.

1.2.3. Modele specifice ale ingineriei sistemelor

Printre modelele specifice ale ingineriei sistemelor care s-au impus atenției specialiștilor sînt cele din domeniul ciberneticii, cele din cadrul dinamicii industriale și modelele cu care operează controlul optimal.

Modelele cibernetice care vor fi dezvoltate în continuare fac apel la conceptul de energie informațională și conceptul de funcție de transfer.

● *Energia informațională* caracterizează gradul de organizare a unui sistem. Ea este invers proporțională cu entropia informațională. Este știut că un sistem industrial este cu atît mai organizat cu cît energia sa informațională este mai mare. Energia informațională se calculează cu o relație de forma:

$$E_i = \left(\sum_{j=1}^{n} f_j^2 - \frac{1}{n}\right)\left(\frac{n}{n-1}\right) = K\left(\sum_{j=1} f_j^2 - \frac{1}{n}\right), \qquad (1.6)$$

în care: f este frecvența relativă de apariție și de desfășurare a evenimentelor; n — numărul de evenimente din sistemul analizat; $K = (n/n-1)$.

Energia informațională cînd atinge valoarea sa minimă, exprimă gradul maxim de diversificare a elementelor unui sistem și cînd atinge valoarea sa maximă indică gradul maxim de omogenizare a structurii sistemului. Exprimînd tendința de concentrare și de diferențiere a evenimentelor dintr-o structură dată, energia informațională leagă teoria informației de teoria sistemelor. La nivelul sistemelor cibernetice schimbul de informații între datele de ieșire și cele de intrare precum și transferul de informații între sistem și mediu se face prin intermediul funcțiilor de reacție în ideea perfecționării și dezvoltării întregii activități.

Funcțiile de reacție pot avea caracter pozitiv sau negativ. Reacția negativă ghidează activitatea sistemului menținînd-o pe direcția scopului urmat. Reacția pozitivă sporește starea sistemului în ideea punerii în mișcare a unei cantități mai mari de energie cu scopul perfecționării producției cerute de consumator. Aspectele calitative ale acestor schimbări se pot pune în evidență cu ajutorul funcțiilor de transfer.

● Forma generală a unei *funcții de transfer* (F_T) arată astfel:

$$F_{T_{ZL}} = \frac{T_{ZL} \,||\, M(t) \,||}{T_{ZL} \,||\, 1 + M(t)\, R_t \,||}, \tag{1.7}$$

în care: T_{ZL} sînt transformatele (Z) pentru structuri de variabilă discretă și (L) pentru variabilă continuă; $M(t)$ — matricea operatorie a sistemului; R_t — reacția inversă.

Funcțiile de transfer la nivelul unei centrale electrice, considerată sistem cibernetic de producție, se pot scrie:

— funcție de transfer în variabilă discretă (z)

$$F_{T_s}^{(z)} = \frac{S(Z)}{B(Z)} = \frac{1}{1-(1-a)\,Z + aZ^2}; \quad F_{T_c}^{(z)} = \frac{C(Z)}{B(Z)} = \frac{aZ(1+Z)}{1-(1-a)Z + aZ^2}; \tag{1.8}$$

— funcție de transfer în variabilă continuă (L)

$$F_{T_L}^{(L)} = \frac{0{,}860\, P(S) + Q(S)}{B(S)} = \frac{LE_e(S)}{LE_c(S)} = \frac{Y_1 Y_2 Y_3 Y_4}{(1 - Y_1 Y_1' Y_2' Y_2)(1 - Y_3 Y_4 Y_{34})}, \tag{1.9}$$

unde: F_T^Z este funcția de transfer la nivelul gospodăririi resurselor $B(Z)$, a stocurilor $S(Z)$ la nivelul cererii $C(Z)$; $P(S)$ — puterea centralei; $Q(S)$ — căldura livrată; LE_e, LE_c — transformatele Laplace pentru energiile emise și cele consumate; Y_{1-4}, Y'_{1-4} — funcții de transfer pe subsisteme; a — operator de transformare.

Elementele de calcul din structura funcțiilor de transfer (1.8) și (1.9) se pot urmări pe schema din fig. 1.2.

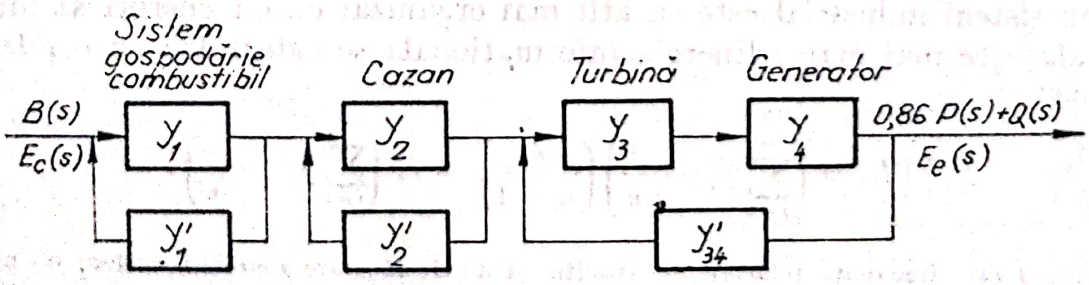


Fig. 1.2. Diagrame privind aplicarea funcțiilor de transfer.

Fiecare sistem industrial se caracterizează atît prin tendința de organizare a elementelor sale componente cît și prin tendința de dezorganizare și de întrerupere a activității. Aceste tendințe sînt generate de introducerea a noilor resurse și utilaje în structura funcțională a sistemelor complexe.

Dacă n-ar exista tendința de dezorganizare, atunci toate sistemele ar evolua în condiții certe. În realitate, incertitudinea desfășurării acțiunilor se regăsește într-o manieră surprinzătoare, ceea ce trebuie să dea de gîndit, specialiștilor în modelarea conducerii sistemelor industriale. Incertitudinea se poate diminua prin capacitatea de corecție a factorilor perturbatori. Această capacitate a sistemului de a reveni la funcționarea corectă în termen scurt, cînd intervin perturbații se măsoară prin conceptul de energie informațională. Ceea ce interesează în organizarea sistemelor este raportul în care se găsesc performanțele și energia informațională a structurilor.

Aceste rapoarte se pot stabili cu ajutorul conceptelor dinamicii industriale și a controlului optimal aplicate la optimizarea sistemică a activității industriale.

Dinamica industrială operează cu modele matematice pentru calculul nivelelor și ritmurilor de dezvoltare a activităților din cadrul sistemelor de producție.

Aplicarea modelelor dinamicii industriale în cadrul întreprinderilor se face atît pentru producția cu stoc suplimentar de produse cît și pentru întreprinderea care lucrează fără stoc sau cu stocuri minime. Ultima situație apare în cazul întreprinderilor care au desfacerea asigurată. Pentru a lucra cu stocuri minime trebuie să se coreleze toate activitățile de la nivelul sistemului analizat.

Coordonarea activităților de aprovizionare, producție, personal, financiar-contabile și a celor de cercetare — dezvoltare trebuie realizată atît în cadrul fiecărei funcții a întreprinderii cît și la interfața acestora pe diverse nivele de legătură a subsistememlor care compun sistemul analizat.

Conceptele controlului optimal se regăsesc în conducerea optimală a sistemelor cu ajutorul calculatoarelor de proces. Modelele matematice utilizate în acest domeniu sînt cele elaborate de Bellman și Pontreaghin pentru domeniile tehnice. Extinderea acestora în domeniul conducerii sistemelor industriale presupune elaborarea unor programe adecvate de calcul în vederea stabilirii corelațiilor raționale dintre fluxul informațional și cel tehnologic din cadrul proceselor reale de producție.

Pentru comanda sistemelor de energie, dintre tipurile de calculatoare electronice care sînt în pregătire pe plan mondial, reținatenția unitățile care culeg, prelucrează, întocmesc decizia de comandă pe baza unui program prestabilit și conduc nemijlocit producția.

Aceste tipuri de calculatoare determină regimul optim de funcționare al sistemului, stabilesc structura schemelor de preluare a avariilor energetice, urmăresc gestiunea integrată a resurselor în raport cu cererea de energie, impun un regim sever de economisire a combustibilului și energiei prin respectarea consumurilor specifice și cele proprii tehnologice la nivelele optimale dictate prin program.

Scanned with OKEN Scanner

Eficiența economică a calculatoarelor de proces se stabilește pe baza indicatorilor naturali și valorici cum ar fi:

— menținerea constantă a parametrilor de calitate a energiei;

— păstrarea continuității în funcționare a întregii instalații;

— generarea de economii prin reducerea consumurilor de combustibil și energie.

Indicatorii naturali se referă la constanța tensiunii și frecvenței pentru energia electrică și constanța presiunii și temperaturii pentru energia termică. Continuitatea în alimentarea cu energie a consumatorilor de energie electrică și energie termică trebuie asigurată începînd cu receptorul și terminînd cu sursa de alimentare cu combustibil din cadrul întregului sistem de energie. Indicatorii valorici se pun în evidență prin economiile care apar în cadrul centralelor electrice, economiile de la nivelul sistemului energetic care se obțin în principal prin reducerea pierderilor de energie și economiile de la consumator ca urmare a corelării vîrfului de sarcină cu regimul optim de funcționare al sistemului analizat.

Calcularea economiilor ocazionate de funcționarea instalațiilor energetice înzestrate cu calculatoare de proces în raport cu unitățile fără calculatoare se face pe baza diferenței dintre cheltuielile de calcul scrise pentru cele două situații sub forma:

$$Z_{fcal} = C_{fcal} + p_n I_{fcal} \; ; \; Z_{ccal} = C_{ccal} + p_n I_{ccal}. \tag{1.10}$$

Cheltuielile și investițiile în cazul grefării unui calculator de proces pe structura unei centrale electrice se pot calcula în următoarea formă:

$$C_{ccal} = C_{fcal} - E_r + C_{amc} \; ; \; I_{ccal} = I_{fc} + I_{cal} - I_m. \tag{1.11}$$

Dacă se înlocuiesc mărimile din relațiile (1.11) în (1.10) se obține o relație de calcul de forma:

$$Z_{dc} = (E_c - C_{amc}) + p_n(I_m - I_{cal}). \tag{1.12}$$

Cheltuielele de amortizare a investițiilor pentru calculatorul de proces (C_{amc}) și investițiile miniere pentru combustibilul economisit (B_{ec}) se pot stabili astfel:

$$C_{amc} = p_{amc} I_{cal} \; ; \; I_m = i_m B_{ec}. \tag{1.13}$$

Înlocuind mărimile (1.11) în relațiile (1.12) se obține o relație operativă de forma:

$$Z_{dc} = E_r + (p_{amc} + p_n)(i_m B_{ec} - I_{cal}) = (K_i t_{nf} P + K_{t_i} t_n P - K_{t_i} I_{cal}). \tag{1.14}$$

Soluția studiată pentru introducerea calculatoarelor poate fi acceptată ca rentabilă sub aspectul indicatorilor valorici dacă diferența (Z_{dc}) este mai mare ca zero.

În relațiile (1.10)—(1.14) intervin următoarele mărimi: Z_{fcal}, Z_{ccal} sînt cheltuielile la nivelul sistemului de producție fără (Z_{fcal}) și cu (Z_{fcal}) calculator de proces; C_{fcal}; C_{ccal}; I_{fcal}; I_{ccal} — cheltuielile și investițiile la nivelul sistemului analizat; E_r — economiile realizate în exploatarea instalațiilor după introducerea calculatorului de proces; C_{amc} — cheltuielile de amortizare a

investițiilor ocazionate de introducerea calculatorului de proces; I_{cal} — investițiile pentru calculatorul de proces; I_m — investițiile miniere care nu se mai fac pentru că nu se mai extrage combustibilul economisit după introducerea în sistem a calculatorului de proces; p_{amc} — coeficientul de amortizare anuală a investițiilor (I_{cal}) pentru calculatorul de proces; i_m — investiția specifică minieră în (lei/t.c.c. și an); B_{ec} — combustibilul economisit la nivelul sistemului;

$K_t = \frac{0{,}86\, p_c^c}{\eta_c}$; p_c^c — costul combustibilului;

$$K_{t_1} = K_t(p_{amc} + p_n); \quad K_{t_2} = (p_{amc} + p_n);$$

η_c — randamentul cazanelor analizate.

În vederea înzestrării sistemului energetic național cu tehnică modernă de calcul prin intermediul căreia se vor aplica în practică principiile controlului optimal la exploatarea centralelor, stațiilor, liniilor și consumatorilor de energie s-a prevăzut ca în cincinalul revoluției tehnico-științifice 1976—1980 să se instaleze un număr mare de calculatoare de proces de tipul minicalculatoare și calculatoare Felix C-32.

Studiile făcute la nivelul institutelor de cercetări și proiectări energetice (ISPE, ICEMENERG) scot în evidență condițiile ce se impun pentru implementarea calculatoarelor de proces la nivelul întreprinderilor de electrocentrale (termo și hidroelectrice), a întreprinderilor de rețele electrice și a întreprinderilor speciale (IDEB, IRE etc.). Ținînd seama și de dotarea dispecerului național cu un calculator de proces pentru supravegherea funcționării rețelelor electrice în timp real este de așteptat că în viitor se va trece la conducerea centralizată a acestei rețele de calculatoare în vederea optimizării activității la nivelul întregului sistem de energie din țara noastră.

Un studiu pe această temă în manieră sistemică cu luarea în considerație a tuturor influențelor ce apar între subsistemele de legătură a surselor cu consumatorii de energie și cu evidențierea corelațiilor sistemului cercetat cu mediul pe o perioadă de perspectivă s-ar putea face plecînd de la corelarea modelelor matematice de optimizare a unităților de electrocentrale cu modelele matematice de optimizare a funcționării stațiilor și liniilor electrice și cu modelele matematice de optimizare a consumatorilor de energie. Această coordonare a funcționării optimale a sistemului energetic trebuie apoi întregită cu modelarea optimală a surselor de combustibil (clasice și neclasice) care ar fi capabile să acopere cererea de purtători la nivelul întregului sistem de energie. Prezentarea unor modele agregat de asemenea structură impune utilizarea atît a modelelor generale cît și a celor specifice cu care operează ingineria sistemelor. Funcțiile de eficiență din cadrul modelelor de sinteză operează pentru un orizont dat de prognoză cu *cheltuielile totale actualizate*, iar pentru activități pe durata unui an se poate utiliza *criteriul cheltuielilor de calcul*. Ordinea de aplicare a modelelor de optimizare a unui sistem de energie este cea ierarhică, începînd cu consumatorul de energie, trecînd la instalația de transport și distribuție și apoi se modelează atît sursele de producere a energiei cît și sursele de livrare a combustibilului. Încadrarea în sistem a unei noi unități de producție se face prin restricții tehnologice și funcționale care au forme specifice atît la fiecare nivel ierarhic de optimizare a activităților din cadrul subsistemelor componente

Scanned with OKEN Scanner

cît și la nivelul întregului sistem de energie. Coordonarea funcționării noilor unități introduse în sistemele reale se face atît pentru durata unui an cît și pentru perspectiva dezvoltării acestor instalații în cadrul întregului sistem.

1.3. Elemente de structură ale sistemelor de energie

1.3.1. Considerații generale

Aplicarea concepției sistemice în modelarea sistemelor de producție implică cunoașterea atît a elementelor de structură a acestora cît și a tehnicilor de raționalizare a resurselor materiale și energetice, în vederea corelării producției cu consumul; aceasta în scopul determinării regimului optim de funcționare, pe baza minimizării cheltuielilor totale, în condiții de restricții impuse atît de relațiile dintre subsistemele analizate, cît și de corelațiile întregului sistem cu mediul.

Sisteme de producție cu structură discretă. Sistemele de producție cu structură discretă se regăsesc în cadrul ramurilor industriale sub forma de întreprinderi. Concepția sistemică în abordarea organizării optimale a activității în manieră discretă permite cunoașterea atît a structurii funcționale a secțiilor de producție cît și a corelațiilor care trebuie implementate între secții, astfel ca evoluția întregului sistem de producție să fie dirijată cu efort minim posibil spre scopul prestabilit [1 ; 2 ; 86].

De exemplu, în cadrul diviziunii sociale a muncii fiecare întreprindere din cadrul industriei constructoare de mașini are un anumit grad de specializare și produce bunuri care pot constitui materii prime pentru alte întreprinderi. Deci atît între întreprinderile din ramura constructoare de mașini cît și între acestea și întreprinderile din celelalte ramuri ale economiei naționale apar și se dezvoltă schimburi de produse și de activități care dau naștere unor legături permanente. Aceste legături au (în țările cu o economie planificată) un caracter organizat și înlesnesc o corelație între furnizorul și consumatorul de resurse în manieră sistemică. Pe această cale se poate asigura o folosire cît mai rațională a capacităților de producție din întreprinderile din ramura constructoare de mașini și din celelalte unități din afara acestei ramuri, o utilizare cît mai eficientă a resurselor materiale și umane și o continuitate a proceselor de producție cu scopul creșterii eficienței acestor procese. Legăturile dintre întreprinderile constructoare de mașini sînt multiple și se pot realiza în principal în probleme de aprovizionare, producție, desfacere, privite atît ca activități curente cît și ca activități de perspectivă.

Pentru consolidarea legăturilor dintre întreprinderile industriale din cadrul unei ramuri și a legăturilor cu alte întreprinderi din afara industriei constructoare de mașini se aplică în practică cele cinci atribute ale conducerii și anume: prevederea, organizarea, coordonarea, comanda și controlul. Aceste atribute implică utilizarea în practică a următoarelor principii de conducere:

Scanned with OKEN Scanner

principiul centralismului democratic; principiul muncii colective; principiul concordanței dintre conducere și dezvoltarea forțelor de producție; principiul gestiunii economice proprii; principiul apropierii conducerii de producție; principiul folosirii judicioase a resurselor umane; principiul cointeresării materiale a oamenilor muncii și principiul optimizării întregii activități la nivelul sistemului considerat.

Întreprinderea industrială socialistă considerată sistem economic-ingineresc urmărește îndeplinirea tuturor sarcinilor din planul de stat prin utilizarea eficientă a resurselor materiale și umane. Principalele caracteristici ale unei întreprinderi industriale sînt: unitatea tehnico-productivă, unitatea organizatorico-administrativă și unitatea economico-independentă. Unitatea tehnico-productivă constă în legătura și dependența reciprocă între secții, ateliere și servicii. Unitatea organizatorico-administrativă reflectă corelațiile care există între colectivul de lucrători și conducere, în ideea realizării cît mai eficiente a sarcinilor de producție. Această caracteristică presupune existența unei structuri organizatorice pe linie de producție și pe linie administrativă, cu scopul realizării obiectivelor întreprinderii în condiții avantajoase. Unitatea economico-independentă rezultă din îmbinarea centralismului democratic cu independența economico-operativă a întreprinderii. În organizarea activității sale, conform legislației în vigoare, întreprinderea are sarcini precise în domeniile: cercetare, proiectare, aprovizionare, producție, pregătirea resurselor umane, desfacerea producției și dezvoltarea activității întregului sistem.

Activitatea întreprinderii trebuie desfășurată în conformitate cu principiul gestiunii economice proprii, astfel ca veniturile să acopere cheltuielile și să genereze beneficii, la nivelul fiecarei funcții ale întreprinderii.

Funcțiile întreprinderii considerate sistem de producție se pot formula și defini astfel:

— funcția de cercetare-dezvoltare are în vedere organizarea muncii de concepție (cercetare-proiectare). Astfel se urmărește asimilarea de noi produse, stabilirea de noi tehnologii, organizarea și normarea matematică a muncii, elaborarea modelelor matematice ale tehnicii integrate de conducere etc;

— funcția de producție se referă la pregătirea, organizarea, lansarea și controlul procesului de fabricație;

— funcția de aprovizionare sau comercială cuprinde activitățile de prospectare a pieței, de aprovizionare a întreprinderii cu resurse materiale inclusiv asigurarea de contracte referitor la prestarea de lucrări, de servicii către terți;

— funcția de personal se referă la recrutarea, selecționarea, angajarea, retribuirea, specializarea și promovarea cadrelor;

— funcția financiar — contabilă constă în elaborarea și realizarea activității financiare a întreprinderii.

Aceste funcții trebuie să se reflecte în organigrama întreprinderii. Orice structură organizatorică trebuie să oglindească relațiile cele mai judicioase între secțiile de producție și compartimentele de conducere. Aceasta presupune stabilirea și delimitarea precisă a atribuțiilor, a competențelor și a răspunderilor, înlăturarea suprapunerilor, cunoașterea de către fiecare om al muncii a sarcinilor

Scanned with OKEN Scanner

ce cad în sfera lui de activitate, și determinarea unui raport optim între nivelul de pregătire a cadrelor și nivelul lucrărilor care trebuie executate.

Întreprinderile industriale se împart după diferite criterii astfel: întreprinderi de stat și cooperatiste; întreprinderi producătoare de mijloace de producție și cele producătoare de mijloace de consum; întreprinderi de subordonare republicană și locală; întreprinderi cu activitate continuă și sezonieră; întreprinderi extractive și prelucrătoare, întreprinderi specializate; universale și mixte; întreprinderi cu producție de unicate, serie și masă; întreprinderi cu producție în flux continuu și discret; întreprinderi de grad special și cele de gradul I, II, III.

Structura de producție a unei întreprinderi cuprinde numărul, felul și mărimea secțiilor de producție, amplasarea lor în spațiu precum și totalitatea relațiilor dintre secții, ca urmare a desfășurării activității productive. Orice secție de producție are un aparat de conducere, un plan de producție propriu și își desfășoară activitatea pe baza gestiunii economice proprii. În funcție de volumul producției, gradul de specializare și de dotarea tehnică, secția de producție se poate diviza în ateliere. Atelierul este format din mai multe locuri de lucru.

Locul de lucru reprezintă suprafața de producție pe care un muncitor sau un grup de lucrători, folosind utilajul și echipamentul necesar execută o serie de operații tehnologice în vederea obținerii de produse finite.

Secțiile unei întreprinderi se împart în secții de bază, secții de deservire și secții anexe. În secțiile de bază se desfășoară activitatea principală a întreprinderii în urma căreia se obțin produse finite sau servicii. Secțiile de bază se împart în: pregătitoare, de prelucrare și montaj-finisaj, Secțiile auxiliare sînt acelea care ajută la desfășurarea proceselor de bază. În cadrul secțiilor anexe se valorifică deșeurile din producția de bază.

După modul de organizare, secțiile de bază pot avea patru tipuri de structuri și anume: structură tehnologică, structură pe produs, structură pe obiecte de fabricație și structură mixtă.

Structura tehnologică este specializată pe anumite părți ale procesului tehnologic și în acest caz utilajele sînt amplasate în funcție de succesiunea operațiilor de prelucrare.

Structura pe produs este caracteristică secțiilor specializate în realizarea unui anumit produs. În acest caz este posibilă organizarea producției în flux.

Structura de producție pe obiecte de fabrrcație este specifică întreprinderilor care fabrică produse complexe formate din mai multe ansamble și piese distincte. Pentru fiecare element component al produsului se organizeaază procese distincte.

Structura mixtă îmbină caracteristicile structurii tehnologice și a structurii pe produs. Într-o asemenea structură secțiile pregătitoare sînt organizate după omogenitatea procesului tehnologic, iar secțiile prelucrătoare se organizează pe obiecte de fabricație.

Îmbunătățirea unei structuri de producție se face atît prin corelarea elementelor procesului de fabricație cît și prin reducerea ponderii secțiilor auxiliare în cazul creșterii activității la nivelul întregului sistem de producție.

Scanned with OKEN Scanner

În vederea corelării judicioase a activității secțiilor cu interesele întregului sistem de producție trebuie să se creeze condiții pentru îndeplinirea pe diverse trepte ierarhice a următoarelor sarcini:

— primirea și executarea calitativă și la timp a tuturor sarcinilor din planul de stat și organizarea aprovizionării;

— utilizarea judicioasă a capacității de producție;

— înlăturarea deficiențelor care împiedică desfășurarea procesului de producție;

— urmărirea respectării disciplinei tehnologice și a funcționării instalațiilor la parametrii nominali;

— organizarea fluxului informațional — decizional în ideea creșterii rentabilității întregului sistem.

Fiecare secție dispune de un aparat de conducere care corelează elementele de structură ale secției în vederea îmbunătățirii activității productive.

Sisteme de producție cu structură continuă. Sistemele de producție cu structură continuă se regăsesc în practică de exemplu sub forma întreprinderilor energetice de producere, transport și distribuție a energiei.

Întreprinderile energetice ca subsisteme ale ramurii energiei electrice și termice (REET) se împart în: întreprinderi de electrocentrale, întreprinderi de rețele și întreprinderi speciale (cercetări-proiectări, montaj, reparație și distribuție).

Întreprinderile de electrocentrale cooperează între ele ca subsisteme ale sistemului energetic național prin intermediul interconexiunii. Luînd în considerație legăturile care există între sursa de combustibil, centrala electrică, liniile de transport a energiei, rețeaua de la consumator, se poate analiza corelația dintre producția și consumul de energie în mod unitar. Sistemul energetic național cuprinde un număr de întreprinderi de electrocentrale și de rețele distribuite pe întregul teritoriu al țării și prezintă o dinamică a puterii instalate în creștere rapidă, astfel ca la nivelul anului 1980 să producă o energie electrică de 78,8 TWh.

Dezvoltarea producției și consumului de energie electrică și primară pe plan mondial și în țara noastră pînă în anii 1990—2000 se poate urmări pe fig. 1.3, *a*, *b*.

Perfecționarea activităților de cercetare-proiectare-montaj-exploatare și dezvoltare ale sistemelor energetice s-a făcut ținînd seama de următoarele probleme:

— schimbarea structurii purtătorilor din balanța energetică, în vederea creșterii ponderii combustibililor inferiori la producerea energiei;

— reducerea ponderii pierderilor de energie și creșterea economicității transportului și distribuției energiei electrice. Structura balanței energetice la nivel european cuprinde 56 % pierderi și 44 % energie utilă, iar la nivelul Statelor Unite cuprinde 50,3 % pierderi și 49,7 % energie utilă.

Dezvoltarea energeticii românești în maniera sistemelor de energie s-a făcut pe baza Documentelor de Partid care prevăd următoarele: devansarea energeticii față de celelalte ramuri industriale cu un coeficient de (1,1—1,3); folosirea diversificată a resurselor, punîndu-se accentul pe rezervele interne; creșterea ponderii cărbunelui și a energiei hidro în balanța energetică a României, petrolul și gazele urmînd să se valorifice în industria chimică.

Scanned with OKEN Scanner

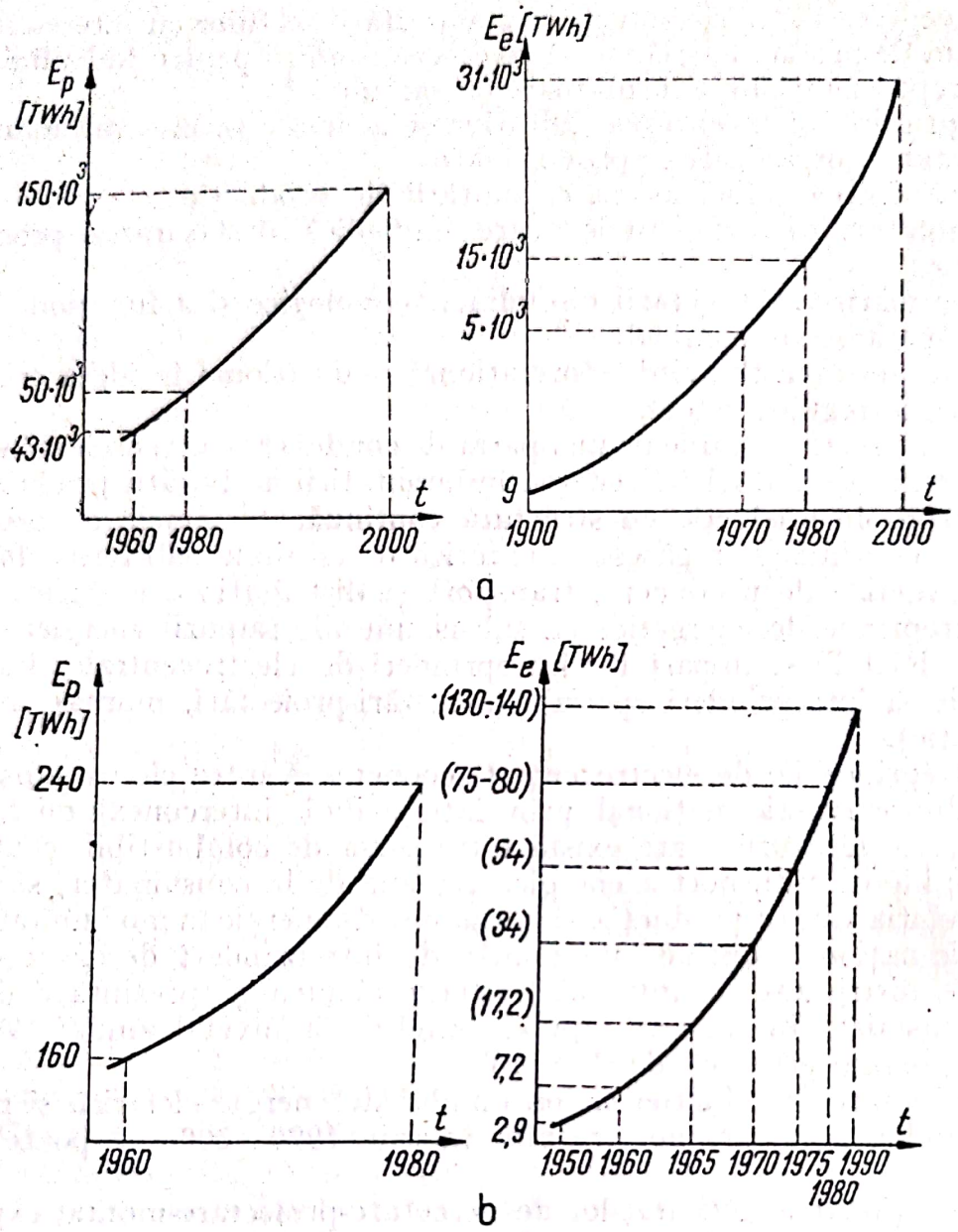


Fig. 1.3. Diagrame privind dezvoltarea producției de energie primară (E_p) și electrică (E_e) pe plan mondial și în R. S. România pînă în anul 2000.

Etapele de dezvoltare a energeticii românești se conturează astfel: etapa pînă la 23 August 1944 arată că energetica nu s-a dezvoltat pe măsura posibilităților și necesităților economiei naționale; etapa (1945 — 1950) caracterizată prin refacerea industriei ținînd seama de Documentele Conferinței Naționale a PCR din octombrie 1945 privind electrificarea tuturor ramurilor industriale; etapa (1951—1960) cuprinde dezvoltarea energeticii pe baza obiectivelor primului plan decenal de electrificare a țării; etapa (1961—1965) se referă la extinderea unor centrale și construirea unor unități noi; etapa (1966—1970) se referă la construirea unor centrale termo și hidro electrice de mare putere; etapa (1971—1980) cuprinde dezvoltarea energeticii pe baza obiectivelor celui de-al doilea plan decenal de electrificare a țării.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre problemele de perspectivă ale energeticii românești reţin atenţia următoarele: creşterea puterii instalate în sistem prin punerea în funcţiune a grupurilor de mare putere; utilizarea integrală a energiei hidro pentru producerea energiei şi pentru irigarea solului; extinderea termoficării în ideea economisirii combustibilului consumat în centrale; introducerea unui regim sever de economii, dezvoltarea instalaţiilor de folosire a energiei nucleare în centrale electrice şi extinderea metodelor de optimizare a producerii, transportului şi distribuţiei energiei simultan cu folosirea cablurilor criogene la transportul energiei şi a hidrogenului drept combustibil energetic.

1.3.2. Elemente şi procedee de calcul

Pentru exemplificare se vor aplica conceptele cu care operează ingineria sistemelor la sistemele de energie. Astfel, la valorificarea resurselor energetice, se va pleca de la sursă la consumator, aşa cum se arată în schema transformărilor posibile a energiei primare în energie utilă prezentată în fig. 1.4. Denumirile formelor de energie se dau în tabelul 1.

Valorificarea resurselor de combustibil şi a resurselor hidraulice se realizează prin procedee specifice fiecărei forme, cu scopul reducerii consumurilor specifice şi a creşterii efectului util.

Eficienţa economică a *valorificării combustibilului* prin termoficare se pune în evidenţă calculînd economia realizată cu o relaţie de forma:

$$\Delta B = [(B_{CTE} + B_{ct}) - B_{CET}]\,[\text{kg c.c.}/\text{an}] \qquad (1.15)$$

în care: B_{CTE} este combustibilul consumat într-o centrală termoelectrică; B_{ct} — combustibilul consumat într-o centrală termică; B_{CET} — combustibilul consumat într-o centrală electrică de termoficare.

Economia de combustibil realizată prin termoficare se poate scrie şi sub forma:

$$\Delta B = \left[E_T(b_{CTE} - b_{ct}) + Q\left(\frac{\eta_t}{\eta_{ct}} - \frac{1}{\eta_c}\right) - E^{cd}_{CET}(b^{cd}_{CET} - b_{CTE}) + \Delta E b_{CTE}\right] \qquad (1.16)$$

în care: E_T este energia electrică produsă; b_{CTE} — consumul specific realizat într-o centrală termoelectrică; b_{ct} — consumul specific realizat într-o centrală termică; Q — producţia anuală de abur; η_t, η_{ct}, η_c — randamentele la nivelul reţelelor termice (η_t), la nivelul centralei termice (η_{ct}) şi la nivelul cazanelor (η_d) E^{cd}_{CET} — energia electrică produsă în (CET) în regim de condensaţie (cd); b^{cd}_{CET} — consumul specific în (CET) la funcţionarea în regim de condensaţie; ΔE — pierderile de energie electrică în linia care leagă centrala de consumator.

Valorificarea resurselor hidraulice se face cunoscînd atît nivelul potenţialelor teoretice de suprafaţă şi tehnic amenajabile cît şi formele economice de folosire eficientă a energiei hidro. Potenţialul teoretic de suprafaţă E_t cuprinde potenţialul de precipitaţii (E_p) şi cel de scurgere (E_s) şi se determină astfel:

$$E_t = E_p + E_s = (K \cdot C_p \cdot s \cdot h_0 + 86\, qsh_0)\left[\frac{\text{kWh}}{\text{an}}\right] \qquad (1.17)$$

Scanned with OKEN Scanner

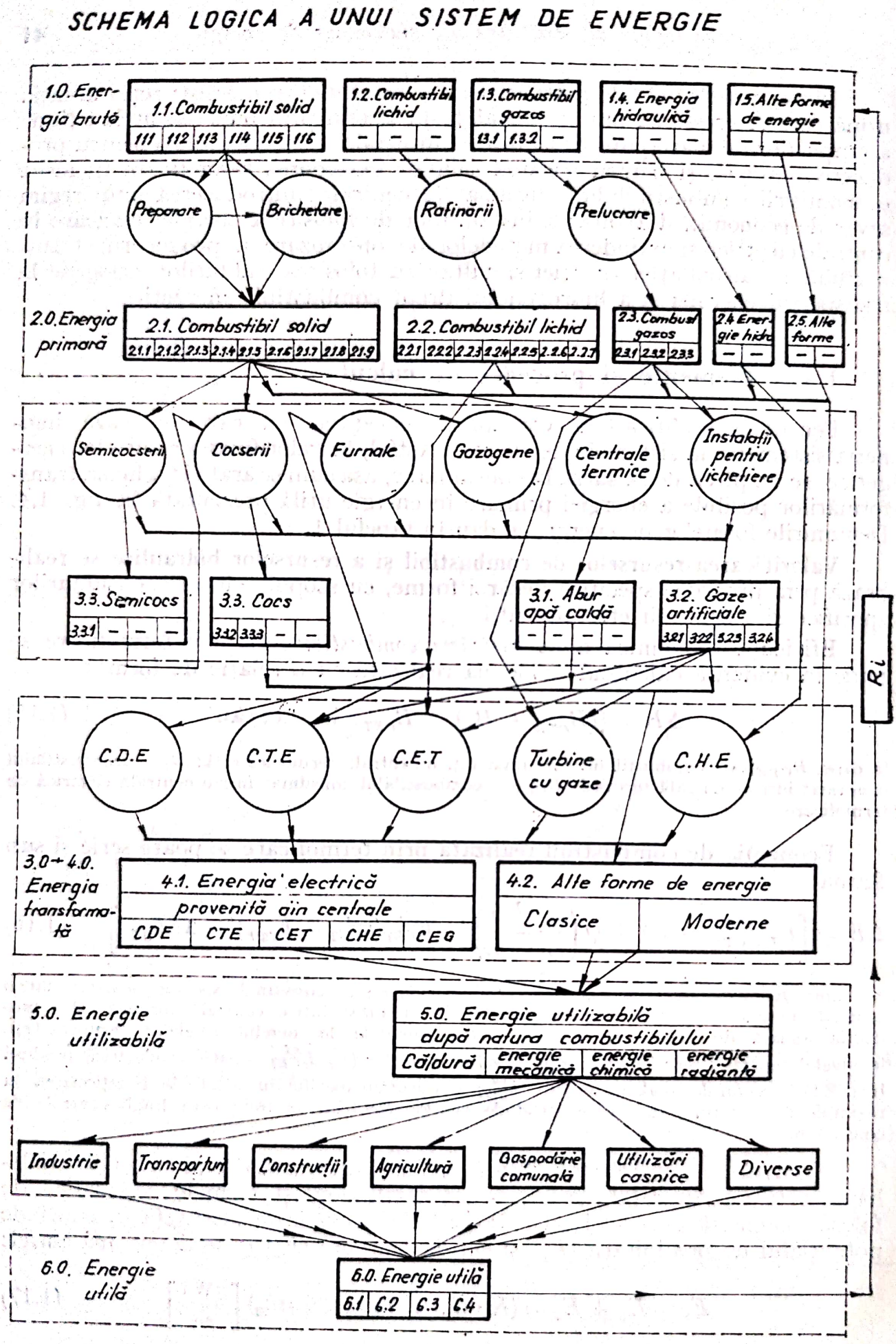


Fig. 1.4. Schema unui sistem de energie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1

Denumirile formelor de energie din cadrul unui sistem de energie

1.0 Energie brută
1.1. Combustibil solid
1.1.1. Antracit
1.1.2. Hiulă
1.1.3. Cărbune brun
1.1.4. Lignit
1.1.5. Turbă
1.1.6. Lemn
1.2. Combustibil lichid
1.3. Combustibil gazos
1.3.1. Gaz metan
1.3.2. Gaz de sondă
1.4. Energie hidraulică
1.5. Alte forme de energie brută
2.0. Energie primară
2.1. Combustibil solid
2.1.1. Antracit
2.1.2. Huilă
2.1.3. Cărbune brun
2.1.4. Lignit
2.1.5. Mixte + Șlam
2.1.6. Turbă
2.1.7. Brichete
2.1.8. Lemn
2.1.9. Cocs
2.2. Combustibil lichid
2.2.1. Benzină
2.2.2. Petrol
2.2.3. Motorină
2.2.4. Păcură
2.2.5. Gazolină
2.2.6. Combustibil pentru calorifer
2.2.7. Combustibil industrial
2.3. Combustibil gazos
2.3.1. Gaz de rafinării
2.3.2. Gaz metan
2.3.3. Gaz de sondă
2.4. Energie hidraulică
2.5. Alte forme de energii
3.0. Energie transformată
3.1. Abur; apă caldă
3.2. Gaze artificiale
3.2.1. Gaz de cocserii
3.2.2. Gaz de furnal
3.2.3. Gaz de gazogen
3.2.4. Gaze lichefiate
3.3. Cocs
3.3.1. Cocs metalurgic
3.3.2. Cocs de turnătorie
3.3.3. Semicocs
4.0. Energie transformată cu două sau mai multe forme de transformare
4.1. Energie electrică
5.0. Energie utilizabilă
6.0. Energie utilă
6.1. Căldură
6.1.1. Potențial ridicat (peste 800°C)
6.1.2. Potențial mediu (400—800°C)
6.1.3. Potențial scăzut (sub 400°C)
6.2. Energie mecanică
6.2.1. În instalații mobile
6.2.2. În instalații fixe
6.3. Energie chimică
6.4. Energie radiantă (lumină, radioemisie)

Se mai adugă la fiecare nivel importurile și exporturile pierderile, precum și consumurile proprii tehnologice.

— Energie utilă	44%
— Pierderi	56%
— Total	100%

Scanned with OKEN Scanner

în care: K este coeficient de transformare, $K = 2{,}725$; C_p — cantitatea de precipitații s — suprafața bazinului, în km; h_0 — înălțimea bazinului față de nivelul mării; q — debitul specific mediu, în $\frac{l}{s \cdot km^2}$.

Potențialul tehnic amenajabil al unui curs de apă se exprimă cu ajutorul relației:

$$E_t = K_t \cdot Q \cdot h_0 = 400\, Qh_0 \ [\text{kWh/an}] \tag{1.18}$$

în care Q este debitul hidraulic în anul considerat.

Potențialul economic amenajabil reprezintă (60—75) % din cel tehnic amenajabil.

Folosirea mareelor pentru producerea energiei electrice presupune determinarea într-o primă idee a energiei ce se poate obține pe baza elementelor dintr-o relație de forma:

$$E_{mm} = K_m^e \cdot A_m^2 s \cdot t = 0{,}67 \cdot A_m^2 \cdot s \cdot t \left[\frac{\text{GWh}}{\text{an}}\right] \tag{1.19}$$

în care: E_{mm} este energia obținută prin folosirea mareelor; A_m — amplitudinea mareelor, în m; K_m^e — coeficient de transformare; s — suprafața bazinului; t — timpul de funcționare a centralelor mareomotrice.

Țările care nu dispun de resurse hidraulice prea bogate intensifică utilizarea apelor prin construirea și exploatarea centralelor hidroelectrice cu pompare-turbinare. Economicitatea centralelor cu pompare-turbinare se poate stabili plecînd de la calculul coeficientului de recuperare (r) cu o relație de forma:

$$r = \frac{E_t}{E_p} = \frac{Q_t \cdot h_t \cdot t_t}{Q_p \cdot h_p \cdot t_p} \eta_t \cdot \eta_p. \tag{1.20}$$

în care: E_t este energia turbinată la vîrful sistemului energetic; E_p — energia pompată la golul de noapte; Q_t, Q_p — debitele turbinate și cele pompate; h_t; h_p — înălțimile de turbinare și pompare; t_p; t_t — timpii de pompare și respectiv turbinare.

Randamentele instalațiilor la pompare (η_p) și turbinare (η_t) se calculează cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} \eta_p &= \eta_{si}^p \cdot \eta_m^p \cdot \eta_p^p \cdot \eta_{trofo}^p \cdot \eta_{cd}^p \\ \eta_t &= \eta_{si}^t \cdot \eta_{cd}^t \cdot \eta_{tr}^t \cdot \eta_g^t \cdot \eta_{trofo}^t \end{aligned}\right\} \tag{1.21}$$

în care: η_{si} este randamentul serviciilor interne; η_m — randamentul motorului; η_p — randamentul pompei; η_{trofo} — randamentul transformatorului; η_{cd} — randamentul conductelor; η_{tr} — randamentul turbinei; η_g — randamentul generatorului.

Economicitatea centralelor hidroelectrice se justifică prin ridicarea golului de noapte pînă la sarcina economică a grupurilor în funcțiune, cînd consumurile specifice de combustibil al centralelor termo sînt cele mai mici și prin turbinarea energiei hidro la vîrful sistemului care permite realizarea unui preț al energiei de circa trei ori mai mare decît prețul energiei consumate la pompare.

Economisirea combustibililor solizi și lichizi se poate face și prin extinderea instalațiilor de valorificare a energiei solare, eoliene, geotermice și a

Scanned with OKEN Scanner

energiei nucleare rezultate din fisiunea uraniului, fie din arderea hidrogenului în instalații speciale.

Corelația sistemică dintre producție (nivelul energiei brute) și consum (nivelul energiei utile). Modelul matematic al optimizării corelațiilor dintre producție-transport și distribuție a energiei electrice se construiește pe baza următoarelor relații:

$$\left.\begin{aligned} &Z_i^{(pr)} = Z_s + Z_t + Z_c = \sum_i (C_{s+t+c} + I_{s+t+c})_i \, (1 + p_n)^{m-t} = \text{minim} \\ &B_d \geqslant B_c;\ E_p \geqslant E_c;\ P_p \geqslant P_c;\ C_t \geqslant P_c \cos \varphi_r \geqslant \cos \varphi_n \end{aligned}\right\} \quad (1.22)$$

în care: Z_s; Z_t; Z_c sînt cheltuielile de calcul la nivelul sursei (s); la nivelul instalațiilor de transport (t) și la nivelul consumatorului (c); B_d; B_c — cantitatea de combustibil disponibilă (B_d) și cea consumată (B_c) la nivelul centralei electrice; E_p; E_c — energia produsă (E_p) și cea consumată (E_c); P_p; P_c — puterea produsă (P_p) și cea consumată (P_c); C_t — capacitatea de transport a liniilor electrice; $\cos \varphi_r$ și $\cos \varphi_n$ — factorul de putere realizat (r) și cel neutral (n); C_{s+t+c} — cheltuielile de exploatare a instalațiilor la nivelul sursei (s), a liniilor de transport (t) și a consumatorului de energie (c); $C_{s+t+c} = p^e_{cs}E_s + p^e_{ct}E_t + p^c_cE_c$; $E_s = t_fP_s$; $E_t = t_fK_{s+r}P_s$; $E_c = t_f \cdot K_{s+r+c}P_s$; t_f — timpul de funcționare; K_{s+r+c} — coeficient pentru consumuri proprii tehnologice în centrale și rețele: I_{s+t+c} — investițiile la nivelul sursei (s), a instalației de transport (t) și la nivelul consumatorului de energie (c).

Forma specifică a funcției de eficiență (Z_t) din modelul (1.22) pentru producerea, transportul și distribuția energiei electrice arată astfel:

$$\left.\begin{aligned} &Z_E^{(pr)} = b_{ac}\left\{\left[C_s^c + (p^s_{arg}I_s) + C_p + C_{cc} + C_i + p_c^{en}E_n + p_c^e\,\Delta E + \right.\right. \\ &+ \sum_{j=1}^{n} c_jm_j + n_csq + p_{cq}S + (E_k - E_t)\,p_c^e + p^{ct}_{arg}I_{ct}\Big]\,p_{r_c} + \\ &\left[p_{r_{t_1}}\left(I_s + \frac{p_1I_1}{(p_1+p_2)} + \frac{p_2I_2}{(p_1+p_2)}\right) + p_{r_{t_2}}(P_i - P_k)\,i^s_{sp} + p_{r_{t_2}}(I_{\Delta p} + \right. \\ &\left.\left. + I_{r_t} + I_i + I_p + I_c)\right]\right\};\ Z_{EV} = [b_{ac}(i_{sp} + p_c^e t_f)\,P_s] - [i_{sp}(1 - \\ &- c_{am}n)\,P_s(1 + p_n)^{-n}] \end{aligned}\right\} \quad (1.23)$$

în care: Z_{EV} este partea variabilă a cheltuielilor totale actualizate; C_s^c — cheltuielile pentru stocare, așteptare și costul combustibilului; p^s_{arg} — coeficient pentru cheltuielile cu amortizarea instalației, retribuirea personalului și pentru activități generale inclusiv ordonanțarea și decizia; I_s — investiția la nivelul sursei (s); P_s — puterea sursei; p_c^{en} — prețul energiei nelivrate = (5— 100) lei/kWh E_n — energia nelivrată; i_{sp} — investiție specifică; p_c^e — costul specific al energiei livrate; ΔE — pierderile de energie; c_j — costul elementelor care se înlocuiesc într-un lanț energetic; c_{am} = cota de amortizare; n — durata de studiu; m_j — elementele avariate în cursul unui an; s — costul unei pagube produse în instalația de producere, transport și distribuție; n_c — numărul de căderi; q — probabilitatea căderii; p_{ag} — icostul specific pentru producția agricolă, în lei/ha; S — suprafața agricolă ocupată de instalața energetică și sustrasă din circuitul agricol; E_k; E_t — producțiile de energie în variantele care se compară; p^{ct}_{arg} — coeficientul cheltuielilor cu amortizarea, retribuirea și pentru activitățile generale la nivelul consumatorilor și al transportului; I_{ct} — investiția la nivelul instalației consumatoare de energie și al liniilor de transport $I_{ct} = (I_c + I_t)$; p_1; p_2 — probabilitățile de apariție a vîntului maxim (p_1) și respectiv a chiciuri maxime (p_2); I_1, I_2 — investițiile în ipoteza vîntului maxim (I_1) și a chiciurei maxime (I_2); P_i, P_k — puterile în variantele (i) și (k) comparate; i^s_{sp} — investiția specifică la nivelul

sursei (s); $I_{\Delta p}$ — investiția pentru acoperirea pierderilor în linii (se face prevăzînd grupuri suplimentare în centrală); I_{rt} — investiția în aparatajul pentru reglajul tensiunii și frecvenței; I_{te} — investiția pentru influența liniilor; I_c — investiția la consumator legată atît de compensarea factorului de putere cît și de alte acțiuni; p_{rc} — probabilitatea realizării cheltuielilor la nivelul planificat; b_{ac} — binom de actualizare $= \sum_i (1 + p_n)^{m-t}\ p_{ri_1}; p_{ri_2}; p_{ri_3}$ — probabilitățile realizării investițiilor la nivelul prevăzut inițial; C_p; I_p — cheltuielile și investițiile de prevenire a polării; C_{cc}; C_t — cheltuielile pentru controlul calității (C_{cc}) și cele legate de micșorarea influenței liniilor electrice asupra circuitelor învecinate de telecomunicații (C_t).

Valorificarea optimă a resurselor energetice în concepția de engineering la constituirea sistemelor energetice presupune structurarea resurselor materiale și umane de așa manieră încît sectoarele de elaborare a proiectelor să se ocupe în continuare de executarea instalației, de efectuarea probelor în vederea atingerii parametrilor proiectați și de exploatarea acestora în condițiile avute în vedere la conceperea instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei.

Structura de producție a sistemelor de energie, cuprinde:

Structura de producție a centralelor, rețelelor și a întreprinderilor speciale. Structura de producție a unei centrale termoelectrice cuprinde următoarele secții: secția de alimentare cu combustibil, secția de cazane, secția turbine, secția electrică, secția chimică și secția de transformatoare, secția hidrotehnică, secția mecanică, secția de întreținere și reparații, secția de laboratoare (inclusiv calculatoare). În cadrul centralelor termoelectrice mici unele secții se contopesc, iar altele dispar. Astfel secția de combustibil include toate problemele legate de alimentarea centralei cu combustibil, iar secția hidrotehnică se înglobează în secția turbine. Laboratorul electric se include în secția electrică. În centralele hidroelectrice mari apar secții ca: secția hidrotehnică, secția turbine și secția electrică, secția mecanică, laboratorul electric și atelierul pentru reparații. În cazul centralelor hidroe ectrice în cascadă secțiile din unitatea de bază pot fi comune pe întreaga cascadă sau numai pentru o parte din cascadă.

Structura de producție a întreprinderilor de rețele electrice și termice și a celor de distribuție are următoarele secții: secția de rețele electrice, secția de rețele termice, secția de automatizări, secția de utilizarea energiei, secția de transformatoare, secția de transport etc.

Întreprinderile de electrocentrale pot avea în componența lor una sau mai multe centrale electrice. În cazul existenței a unei singure centrale, cum ar fi CHE-Porțile de Fier, structura de producție a întreprinderii de electrocentrale se suprapune peste structura de producție a centralei hidroelectrice. Această întreprindere va cuprinde în viitor probabil și cascada de centrale de pe Dunăre. Dacă în cadrul întreprinderii există mai multe centrale, atunci fiecare unitate formează o secție de bază din cadrul întreprinderii de electrocentrale. Secțiile din cadrul întreprinderii de electrocentrale se comasează de la caz la caz. Astfel au luat naștere ateliere centrale de reparații, secții centrale PRAM, laboratoare centrale electrice și termice etc. Organigrama tip a întreprinderilor de electrocentrale se dă în fig. 1.5. Structura de producție a întreprinderilor speciale se regăsește la nivelul institutelor de cercetare, proiectare etc.

Scanned with OKEN Scanner

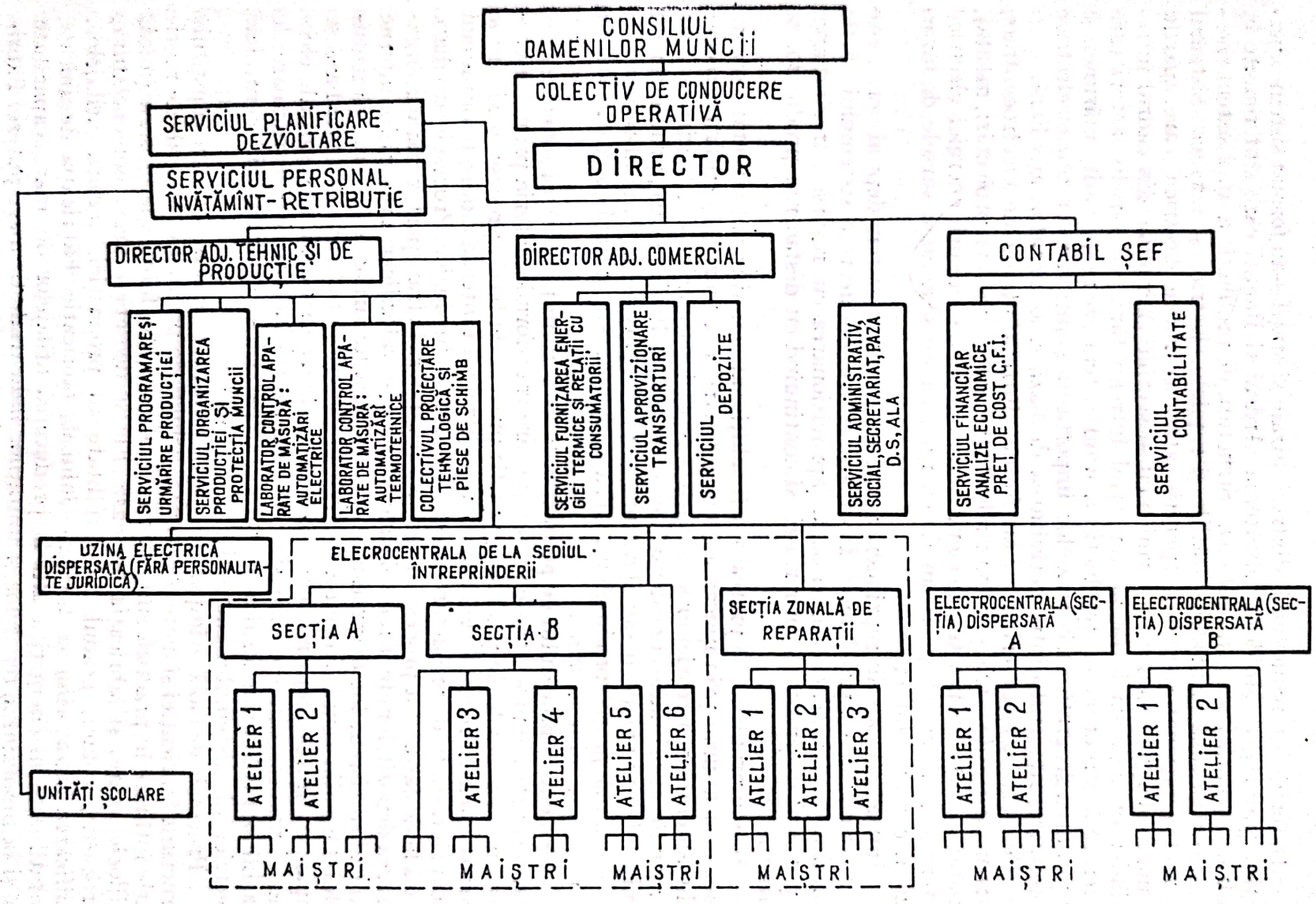


Fig. 1.5. Organigrama întreprinderilor de grad special și grad I.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită interconexiunii dintre centrale și stații s-au format sisteme energetice (Dobrogea, Moldova, Muntenia, Ardeal și Banat) care sînt reunite în cadrul *sistemului energetic național*. Structura de producție a unui sistem energetic o formează centralele, stațiile și rețelele electrice și termice. Sistemul energetic național comandă operativ atît centralele electrice care aparțin ramurii energiei electrice și termice cît și secțiile energetice din cadrul întreprinderilor industriale de pe teritoriul întregii țări. Principalii factori care determină structura de producție a unui sistem energetic sînt: mărimea și amplasarea geografică a centralelor, importanța și întinderea rețelelor electrice și termice, raportul dintre activitatea de bază și activitatea auxiliară.

Pe baza acestor criterii s-au format întreprinderile de electrocentrale, întreprinderile de rețele și întreprinderile speciale (cercetări, proiectări, montaj, reparații etc.) care pot fi considerate subsisteme ale ramurii energiei electrice și termice, denumită și sistem de energie, dacă i se adaugă sursele de furnizare a combustibililor.

Întrucît fiecare întreprindere poate funcționa ca sistem deprod ucție, este de recomnadat ca problemele de organizare și conducere a sistemului să fie dezvoltate începînd cu alimentarea (aprovizionarea cu resurse), trecînd apoi la procesul de producție propriu-zis și continuînd cu desfacerea produselor la consumator.

Aceste probleme se pretează a fi soluționate cu ajutorul cercetării operaționale și anume prin aplicarea teoriei stocurilor, a teoriei așteptării, a teoriei echipamentelor, a teoriei ordonanțării, a teoriei estimației și a teoriei deciziei. Pentru fiecare situație considerată se determină cheltuielile care, prin însumare la nivelul întreprinderii sau al ramurii și prin raportare la volumul producției, se determină prețul produselor realizate. Soluția este optimă dacă cheltuielile de producție sînt minime.

Elementele procesului de producție. Baza activității oricărui sistem industrial o constituie procesul de producție care transformă materia primă în produs finit. Procesele de producție pot fi: procese de bază, procese auxiliare și procese anexe. Procesele de bază modifică structura internă a obiectelor muncii și cuprind stadii de prelucrare, montaj și probe tehnologice. Procesele auxiliare ajută la desfășurarea proceselor de bază și se referă la transport, reparații, organizarea depozitelor etc. Procesele anexe înlesnesc valorificarea resurselor interne din cadrul sistemelor de producție (regenerarea uleiurilor, realizarea cimentutului TEȚ din zgură și cenușa centralelor electrice etc.). Procesele de bază se împart în procese continue cum sînt procesele de aparatură din centrale electrice și procese discrete cum sînt cele din cadrul industriei constructoare de mașini sau cele din cadrul activității de reparații a utilajului din centralele electrice ale sistemului energetic.

Procesele de bază se împart în operații, etape, faze și treceri care constituie structura fabricației și dictează durata ciclului de producție. Tipurile de fabricație întîlnite în practică sînt: fabricația de unicate, fabricația de serie (mică, mijlocie, mare) și fabricația de masă. Ele se deosebesc prin: nomenclatură, sortiment, volum, gradul de stabilitate al producției, natura utilajelor, calificarea lucrătorilor și durata ciclului de fabricație. Fabricația de unicate se întîlnește în energetică atît la producerea utilajelor de mare capacitate cît și la montajul agregatelor și unităților industriale de mare putere. Fabri-

Scanned with OKEN Scanner

cația de serie apare în cadrul întreprinderilor care produc armături și stîlpi pentru linii electrice; celule de diferite tensiuni, conducte și accesorii pentru rețele termice etc. Fabricația de masă apare în cadrul centralelor electrice care livrează unul sau cel mult două produse (energie electrică și termică) timp îndelungat.

În producția de unicate se folosesc utilaje universale, ciclul de fabricație este mare, muncitorii sînt retribuiți în regie, iar constanța fabricației este redusă. În cadrul producției de serie stabilitatea nomenclaturii crește (se ajunge chiar la tipizarea fabricației, cum ar fi realizarea de elemente tipizate din beton pentru linii și stații electrice), lucrătorii sînt retribuiți în acord, iar produsele se prelucrează în loturi. În cazul fabricației de masă, producția are volum mare și se limitează la unul sau cel mult două produse.

Costul scade de la producția de unicate spre producția de masă ceea ce încurajează trecerea spre fabricația de mare serie și spre producția de masă. Unul din elementele de bază ale organizării producției este durata ciclului de fabricație. Ciclul de fabricație se definește ca perioada de timp în decursul căreia materia primă trece prin toate operațiile procesului tehnologic și este transformată în produs finit. Mărimea ciclului de fabricație caracterizează gradul de continuitate a procesului de producție, a folosirii fondurilor fixe și a executării eficiente a celorlalte activități sub aspect tehnico-financiar. Ciclul de fabricație se compune din perioada de lucru și perioada de întreruperi (planificate și neplanificate). Eficiența muncii crește dacă întreruperile neplanificate sînt practic egale cu zero. Durata ciclului de fabricație se determină cu ajutorul metodei drumului critic.

Caracteristicile proceselor tehnologice din cadrul sistemelor industriale cu structură continuă se rezumă astfel: instalațiile se dimensionează pentru preluarea vîrfului de sarcină a sistemului energetic; producția se continuă cu transportul energiei pînă la consumator (problemele de marketing se studiază în corelație directă cu cele de producție); funcționarea instalațiilor de la furnizorul de energie și cele de la consumator trebuie să fie continuă întrucît producția este simultană cu consumul; asigurarea calității energiei în procesele de aparatură implică măsuri speciale de organizare și conducere.

Secțiunile de plan tif. *Atributele conducerii* sistemelor industriale (prevederea, organizarea, comanda, cooperarea și controlul activității) se aplică la nivelul întreprinderilor cu ajutorul funcțiilor care se reflectă în planul tehnic, industrial și financiar (TIF). Acest plan defalcă sarcinile de la nivelul planului unic al economiei naționale trecînd prin filiera: minister economic, centrală industrială, întreprindere, secție și loc de lucru. Planul tehnic, industrial și financiar cuprinde următoarele secțiuni: planul de aprovizionare, planul de producție, planul tehnic, planul resurselor umane (recrutare, promovare, retribuire), planul de investiții și reparații, planul cheltuielilor de producție și al costurilor și planul financiar. Indicatorii planului tehnic industrial și financiar sînt: naturali și valorici, cantitativi și calitativi. Pe baza acestor indicatori se stabilesc sarcinile de producție (ce trebuie produs, ce volum se cere, la ce nivel calitativ și cît costă producția).

● *Planul de aprovizionare* urmărește asigurarea resurselor materiale necesare funcționării sistemelor de producție. Partea centrală a aprovizionării unui sistem industrial se soluționează cu ajutorul teoriei stocurilor și teoriei

așteptării din cadrul cercetării operaționale. Orice aprovizionare la nivel de sistem trebuie să satisfacă următoarele condiții: să fie ritmică, să asigure resurse de calitate, să permită o depozitare corespunzătoare, să alimenteze continuu secțiile de producție, să contribuie la creșterea vitezei de rotație a mijloacelor circulante și să ocazioneze cheltuieli de transport și depozitare cît mai mici. Necesarul de aprovizionare se determină pe baza consumurilor specifice și a pierderilor tehnologice și de organizare din cadrul producției. Pentru evitarea întreruperii producției (din lipsă de resurse) se formează stocurile de materiale. Stocurile pot fi curente și de siguranță. Ele stau la baza mijloacelor circulante ale întreprinderii. Stocarea ca proces de acumulare atît a resurselor la intrarea în producție cît și a produselor realizate reclamă cheltuieli care variază între (13—28) % din valoarea anuală a resurselor stocate. Elementele gospodăririi stocurilor sînt următoarele: cererea de resurse cu caracter determinist sau probabilist (aleatorie, supusă variațiilor statistice); intervalul de livrare determinist sau probabilist depinzînd de volumul comenzii; nivelul de stocare (maxim, de siguranță etc.); costul stocării, costul lansării și costul penuriei, duratele de gestiune (intervalul de gestiune — un an; perioadă de gestiune = timpul care separă două aprovizionări succesive); reguli de gestiune (perioadă fixă și cerere constantă; perioadă fixă și cerere variabilă, perioadă variabilă și loturi de mărime egale, gestiune cu două și trei depozite).

Evitarea pneuriei de resurse se realizează prin crearea unui stoc de siguranță. Pentru a se calcula stocul de siguranță se alege un nivel de serviciu denumit și potențial de livrare care măsoară gradul de siguranță a satisfacerii cererii. Dacă potențialul de livrare este de 95 % înseamnă că din 100 de cereri 95 vor fi satisfăcute, iar 5 vor fi amînate. Corelarea potențialelor de livrare cu nivelul impus al stocurilor se face în funcție de trei categorii de resurse, și anume: resurse vitale, resurse importante și resurse obișnuite (standard).

Pentru conducerea gestiunii stocurilor s-a formulat de către firma I.B.M. metoda „IMPACT" (Inventory Management Program and Central Technique) care operează cu un pachet de programe în vederea determinării necesarului de aprovizionat. Lotul optim se stabilește pe baza extrapolării cererilor din postdicție. Aplicînd asemenea programe la gestiunea stocurilor se obțin economii de circa 20 % din cheltuielile cu gestiunea și se reduc penuriile cu circa 60 %. Tehnica gestiunii integrate a stocurilor permite reducerea materialelor din stoc cu circa 50 % față de metodele clasice de gestiune.

Aplicarea teoriei așteptării la gestiunea stocurilor și la celelalte activități din cadrul sistemelor industriale implică determinarea probabilităților de așteptare, a timpului cît stau unitățile în sistem, a timpului de servire și a numărului de unități din șirul de așteptare în diverse condiții de restricții. Cele mai frecvente situații întîlnite în practică sînt următoarele: sosiri poissoniene și serviri exponențiale; intrări poissoniene și serviri arbitrare; sosiri poissoniene și timp constant de servire; intrări poissoniene și timp de servire Erlang etc.

Modelele de așteptare pot fi cu și fără restricții. Restricțiile se referă la disciplina de servire, la posibilitățile sistemului de a putea forma șiruri de lungimi oarecare, la timpul de care dispune unitatea pentru a aștepta să fie servită etc.

Scanned with OKEN Scanner

● *Planul de producție al sistemului industrial* are ca indicatori de bază producția globală, producția marfă, producția netă și calitatea produselor realizate. Planul de producție în energetică se consideră îndeplinit chiar dacă nu s-a produs cantitatea de energie planificată dar consumatorii au fost alimentați continuu cu energie la tensiune și frecvență constantă. La elaborarea planului de producție se are în vedere folosirea integrală a capacității de producție atît prin creșterea indicilor de utilizare extensivă și intensivă a utilajului cît și prin repartizarea judicioasă a sarcinilor de producție pe mașini cu ajutorul teoriei ordonanțării (succesiunea în timp și spațiu a producției).

Capacitățile de producție într-o centrală electrică sînt reprezentate de treptele de putere astfel: P_i — puterea instalată; P_d — puterea disponibilă; P_{ed} — puterea efectiv disponibilă; P_{cd} — reducerea de putere disponibilă datorită condițiilor locale; P_u — puterea utilizabilă; P_{eu} — puterea efectiv utilizabilă; P_{lu} — reducerea de putere utilizabilă datorită condițiilor locale; P_{pv} — puterea produsă la vîrf; P_{rt} — puterea de rezervă (statică plus turnantă); P_{gn} — puterea la golul de noapte; P_m — puterea produsă momentan; P_{rd} — reducerea de putere disponibilă datorită efectului reparațiilor; P_{red} — reducerea de putere efectiv disponibilă datorită efectului reparațiilor.

Calculul treptelor de putere la nivelul unui sistem industrial de producție (centrală electrică) se face pe baza unor relații de forma:

a) Puterea instalată și cea disponibilă la nivelul grupului și centralei

$$P_{ic} = \sum_{k=1}^{n} P_{igr_k}; \quad P_{igr} = P_{imp} \cdot \eta_g; \quad P_{d_c} = \sum_{k=1}^{n} P_{dgr_k},$$
$$P_{dg_{II}} = S_g \cdot \cos\varphi; \quad P_{dg_I} = P_{dmp}\eta_g, \tag{1.24}$$

b) Puterea produsă medie calendaristică, medie efectivă și puterea produsă la vîrf

$$P_{pmc} = \frac{E_{ef}}{t_c}; \quad P_{pmef} = \frac{E_{ef}}{t_{ef}}; \quad P_{pv} = \frac{E_{pv}}{t_v}, \tag{1.25}$$

în care: P_{ic} este puterea instalată a centralei; P_{igr} — puterea instalată a unui grup; P_{imp} — puterea instalată a motorului primar; P_{dc} — puterea disponibilă a centralei; P_{dg} — puterea disponibilă a unui grup; P_{dmp} — puterea disponibilă a motorului prinar (turbina); η_g — randamentul generatorului; S_g — puterea aparentă a generatorului; $\cos\varphi$ — factorul de putere; P_{pmc} — puterea produsă medie calendaristică; P_{pmef} — puterea produsă medie efectivă; E_{ef} — energia efectiv produsă; t_c — 8760 h/an; t_{ef} — timpul efectiv de funcționare; P_{pv} — puterea produsă la vîrf; E_{pv} — energia produsă la vîrf; t_v — timpul de funcționare a centralei la vîrful de sarcină a sistemului energetic.

Puterea disponibilă a grupurilor energetice se calculează sub formele (P_{dg_I} și $P_{dg_{II}}$) și se alege drept putere disponibilă cea mai mică valoare din cele două rezultate din calcul.

Indicii de utilizare a capacității de producție se determină cu relații de forma:

$$K_{ext\,\%} = \frac{E_{\max}}{E_{\max\,\max}} 100; \quad K_{int\,\%} = \frac{E_{ef}}{E_{\max}} 100; \quad K_{integral\,\%} = \frac{E_{ef}}{E_{\max\,\max}} 100. \tag{1.26}$$

Indicii extensivi (K_{ext}), intensivi (K_{int}) și integrali ($K_{integral}$) se pot calcula fie ca mărimi relative (1.26) fie ca mărimi absolute. În ultimul caz indicele extensiv reprezintă timpul de funcționare a instalației, cel intensiv arată puterea

Scanned with OKEN Scanner

pînă la care a fost încărcat grupul, iar cel integral (obținut din produsul primilor doi) redă energeia totală produsă de centrală. Indicii de utilizare se pot calcula la nivelul grupurilor sau la nivelul centralei după cum energiile ($E_{\max\max} = P_i t_c$); ($E_{\max} = P_i t_{ef}$) și ($E_{ef} = P_{ef} \cdot t_{ef}$) se referă la fiecare grup sau se determină la nivelul centralei electrice.

Indicii complementari care apar la nivelul sistemului energetic se determină astfel:

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{E_{ef}}{t_c \cdot P_{pv}} = \frac{P_{p.mc}}{P_{p \cdot v}} = \frac{P_{pmc}}{s \sum_{k=1} P_{cv_k}} > K^{vr}_{integral} \\ s &= \frac{P_{vs}}{\sum_{k=1}^{n} P_{cv_k}} = 0{,}25 \ldots 0{,}9\,; \quad t_{ui} = \frac{E_{ef}}{P_i} = K^{vr}_{integral} \cdot t_c \\ t_v &= \frac{E_{pv}}{P_{pv}} = a \cdot t_c\,; \quad f_{rez} = \frac{P_{rev}}{P_{pv}} = \frac{P_{eu} - P_{pv}}{P_{eu}} = \left(1 - \frac{P_{pv}}{P_{eu}}\right) \\ f_{red} &= \frac{P_i - P_{dv}}{P_i} = (1 - r_r \cdot r_d \cdot r_i) = \left(1 - \frac{P_{dv}}{P_{ed}} \cdot \frac{P_{ed}}{P_{et}} \cdot \frac{P_d}{P_i}\right) \end{aligned}\right\} \quad (1.27)$$

în care: a este indicele de aplatisare a curbei de sarcină; $K^{vr}_{integral}$ — indicele integral de folosire a capacității de producție în valori relative (vr); P_{cvk} — puterea la vîrf a cererii de consum; s — indicele de simultaneitate; t_{ui} — timpul de utilizare a puterii instalate; f_{rez} — indicele de rezervă; P_{reu} — rezerva de putere efectivă la vîrf; f_{red} — indicele de reducere a puterii la vîrf; P_{dv} — puterea disponibilă la vîrf; r_r, r_d, r_i — factori care indică efectul repartițiilor (r_r), efectul condițiilor locale (r_d) și efectul uzurilor și strangulărilor (r_i).

Valorile indicilor de aplatizare a curbei de sarcină (a) se dau astfel: iluminat exterior și interior, $a = 0{,}17—0{,}35$; industrii prelucrătoare, $a = 0{,}35—0{,}8$; industrie chimică, $a = 0{,}8—0{,}95$; industria extractivă, $a = 0{,}95—0{,}97$. Indicele de simultaneitate are următoarele valori uzuale, $s = 0{,}25—0{,}6$ pentru sisteme energetice dezvoltate; $s = 0{,}7—0{,}9$ pentru sisteme energetice în care predomină iluminatul.

Modelul matematic al planului de producție a unui sistem industrial se poate scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned} Z_t &= \sum_{i=1}^{n} g_i \cdot x_i = \sum_{i=1}^{n} (c \cdot t_f + p_n i_{sp})\, x_i = \text{minim} \\ \left(\sum_i a_i x_i - x_a\right) &= P_{gs}\,; \quad \left(\sum_i b_i x_i - x_b\right) = P_{VS} \\ \left(\sum_i a_i x_i - x_c\right) &= E_{vs}\,; \quad \left(\sum_i d_{sp} x_i + x_d\right) = I_t \end{aligned}\right\} \quad (1.28)$$

în care: Z_t este funcția de eficiență; g_i — cheltuielile specifice; x_i — producția; a_i, b_i, c_i, d_i — coeficienți de diferite dimensiuni pentru a se obține în ordine puterea garantată pe sistem (P_{gs}), puterea la vîrful sistemului (P_{vs}), energia la vîrf (E_{vs}) și investiția alocată inițial (I_t), x_a, x_b — pierderi de putere; x_c — pierderi de energie, x_d — economia de investiții; c — cheltuieli specifice (lei/kWh); t_f — timpul de funcționare; p_n — coeficientul de eficiență economică; i_{sp} — investiția specifică (lei/unitatea de putere).

Rezolvarea modelului matematic al planului de producție se face cu ajutorul algoritmului simplex. Astfel se determină o soluție de bază care apoi se

poate îmbunătăți prin aplicarea algoritmului Bellman-Kalaba. Prin aplicarea modelului (1.28) se determină nivelele de putere și energie pentru acoperirea unei cereri impuse de consumatori în condiții tehnico-economice avantajoase.

Problemele specifice ale ordonanțării producției se rezolvă fie cu ajutorul algoritmului Branch and Bound, în maniera tehnicii combinatoriale creionată de I.D.C. Little, fie cu ajutorul calculului variațional și programării dinamice tip Bellman. Modelarea proceselor de succesiune (Sequencing theory) se realizează ținînd seama de următoarele precizări: nici o mașină nu poate lucra la două operații în același timp; o operație odată începută nu trebuie întreruptă; durata de prelucrare a unui produs (j) la o mașină (i) este independentă de toate celelalte durate care intervin în problemă; cînd duratele de prelucrări sînt inegale se admit timpi de așteptare între mașini dar acestea trebuie să aibă valori minime posibile; mașinile trebuie să respecte programul stabilit în sensul că să fie continuu în funcțiune, fiecare produs să fie disponibil ca după terminarea prelucrării pe o mașină să poată fi prelucrat la o altă mașină în ordinea succesiunii operațiilor.

● *Planul tehnic al unui sistem industrial* cuprinde sarcini referitor la: electrificarea proceselor de producție; mecanizarea și automatizarea instalațiilor; modernizarea proceselor de fabricație; cercetarea și dezvoltarea sistemului în sensul introducerii de noi produse și noi capacități de producție și aplicarea de măsuri tehnico-organizatorice în vederea mobilizării rezervelor interne la nivelul întregului sistem. Direcțiile de introducere a progresului tehnic la nivelul unui sistem industrial se referă la: introducerea cibernetizării pe calea electrificării și automatizării proceselor de producție precum și aplicarea extensivă și intensivă a formelor de organizare a producției (specializarea, specificarea-tipizarea, standardizarea).

Efectul electrificării și termoficării proceselor de producție se apreciază pe baza indicatorilor de înzestrare electroenergetică a muncii cu energie și putere, pe baza introducerii dispozitivelor și agregatelor care lucrează la parametri energetici ridicați și pe baza prevederii de instalații energetice cu consumuri specifice cît mai mici.

La elaborarea planului tehnic a unui sistem industrial se are în vedere perioada pentru care se fundamentează planul (perioada curentă sau de perspectivă), nivelul de înzestrare tehnică de la care se pleacă și punctul unde trebuie să ajungem, experiența în domeniul direcțiilor de extindere a tehnicii noi și măsurile care se pot aplica în condiții avantajoaxe pentru dezvoltarea sistemelor industriale. Progresul tehnic pătrunde operativ în exploatarea instalațiilor energetice prin intermediul cercetării, proiectării și montajului centralelor, stațiilor și liniilor electrice. Efectul acestor acțiuni se apreciază prin calcularea coeficientului de eficiență (p_n), a timpului de recuperare (t_r) și a efectului net obținut fie la sfîrșitul anului fie la expirarea duratei de viață a cercetării. Durata de viață a cercetării se consideră egală cu cinci ani. Alegerea temelor de cercetare se face ținînd seama de necesitățile stringente ale producției pe baza sarcinilor din planul de stat reflectate în programul de cercetări elaborat la nivelul Consilului Național pentru Știință și Tehnologie. Activitatea de cercetare în energetică se desfășoară la nivelul institutelor de

Scanned with OKEN Scanner

cercetări și proiectări cum ar fi: Institutul Central de Cercetări Energetice, institutele de studii și proiectări (ISPE; ISPH), centrele de cercetare pe lîngă falcutățile de profil din cadrul învățămîntului superior, laboratoarele de cercetări din cadrul întreprinderilor de profil. Proiectarea instalațiilor este realizată de două institute centrale (ISPE; ISPH) și o serie de compartimente specializate din cadrul întreprinderilor de profil.

Introducerea progresului tehnic în instalațiile energetice la nivelul montajului revine trusturilor electro și energomontaj.

La nivelul exploatării instalațiilor, progresul tehnic este impulsionat printr-un plan de măsuri elaborat de către conducerea sistemului industrial. Acest plan se întocmește pe baza propunerilor făcute de muncitori și urmărește crearea condițiilor de realizare eficientă a indicatorilor planului tehnic, industrial și financiar (t.i.f.). Planul de măsuri trebuie să satisfacă următoarele cerințe: să fie corelat cu toți indicatorii planului (t.i.f.), să conțină măsuri raționale și cu termene fixe de executare, să cuprindă propuneri de inovații, sarcinile nerealizate în anii trecuți, și măsurile cu caracter de directivă. Pentru orice măsură prevăzută în plan trebuie să se precizeze: conținutul și scopul măsurii; data începerii și terminării lucrării precum și unitatea responsabilă pentru urmărirea măsurii și în plus să specifice cheltuiala și sursa de acoperire.

Măsurile cuprinse în plan se clasifică după următoarele criterii:

— După efectul măsurii se deosebesc: măsuri ce duc la economii de resurse materiale și umane; măsuri de îmbunătățire a condițiilor de producție și măsuri pentru creșterea indicilor de utilizare a capacității și de sporire a productivității muncii.

— După concepția ce stă la baza măsurii și locul unde se aplică se deosebesc: măsuri privind organizarea producției și măsuri ce se referă la funcționarea utilajului, măsuri aplicabile la nivelul secțiilor și întreprinderii și măsuri aplicabile la nivelul ramurii și economiei naționale.

— După sursa de finanțare se deosebesc: măsuri care necesită cheltuieli ce se pot rambursa în trei ani și respectiv un an precum și măsuri care necesită investiții.

Măsurile din plan sînt instrumente de mobilizare a rezervelor interne ale sistemelor industriale de producție.

● *Rezervele interne ale sistemelor de producție* reprezintă posibilitățile de utilizare optimală a resurselor materiale și umane prin organizarea producției. Studierea rezervelor și mobilizarea lor se face sub următoarele aspecte: precizarea criteriilor după care se determină rezervele interne; enumerarea factorilor care favorizează apariția rezervelor și stabilirea metodelor de utilizare a rezervelor interne. Criteriile de determinare a rezervelor interne se referă la: nivelul indicatorilor realizați față de cei planificați în cadrul aceluiași sistem industrial; compararea indicatorilor realizați într-o unitate productivă cu cei de la nivelul ramurii și compararea realizărilor medii cu nivelul normativelor. Pe această bază se scot în evidență rezervele posibile și cele probabile de a fi utilizate.

Factorii care contribuie la formarea rezervelor sînt: nivelul defectuos de organizare a producției și muncii; întreținerea necorespunzătoare a utilajului și existența unor disproporții între diferitele verigi ale producției.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru stabilirea celor mai raționale metode de determinare a rezervelor interne trebuie avut în vedere: caracterul complex și realist al rezervei și tipul de rezervă determinat pe baza unei clasificări riguroase. Clasificarea rezervelor se face din următoarele puncte de vedere;

a) Funcție de felul rezervei și a modului de folosire se deosebesc: rezerve de utilizare extensivă și intensivă a mijloacelor de muncă; rezerve de folosire a resurselor materiale și energetice; rezerve de folosire a timpului de lucru inclusiv a timpului de transport.

b) După originea de formare deosebim: rezerve nefolosite sau pierderi rezerve concrete posibile și probabile de a fi folosite și rezerve latente (ascunse).

c) După gradul de complexitate se deosbesc: rezerve simple și rezerve complexe. Rezervele complexe se împart după locul de muncă (productiv sau administrativ) și după caracterul tehnologic sau organizator al procesului care generează rezerva.

Printre metodele de cercetare și stabilire a rezervelor reținatenția: metodele de cercetare directă și metodele de cercetare statistică. Metodele de cercetare directă și statistică scot în evidență cauzele care provoacă abaterile de la plan și creează sursa de rezerve interne. Principalele metode de cercetare statistică aplicabile la descoperirea rezervelor interne sînt: metoda balanțelor, metoda comparării indicatorilor tehnico-economici și metoda graficelor. Metoda balanțelor permite compararea necesarului cu resursele și scoate în evidență toate tipurile de rezerve existente la nivelul sistemelor industriale. Metoda comparării indicatorilor tehnico-economici scoate în evidență modul de folosire a suprafețelor de producție, a utilajului, a timpului de lucru și precizează căile de creștere a productivității muncii. Metoda graficelor permite compararea producției realizată pe o anumită perioadă cu producția planificată și stabilește posibilitățile de depășire a indicatorilor de plan.

Efectele economice ale măsurilor din plan se determină ținînd seama de: sporul producției realizat după aplicarea măsurilor, economia de timp de muncă rezultată, economiile de resurse materiale și energetice obținute, economiile la cheltuielile generale și economiile la costul producției care se înregistrează după aplicarea fiecărei măsuri în parte. Beneficiul realizat la nivelul sistemului industrial trebuie să crească după aplicarea măsurilor operative, în raport cu situația anterioară.

● *Planul de investiții* se referă la executarea lucrărilor de investiții. Lucrările de investiții prinvind construirea obiectivelor energetice se execută fie în antrepriză prin intermediul unităților specializate (Electro și Energomontaj), fie în regie. Obiectivele mari se execută în antrepriză iar cele mici și mijlocii se realizează în regie proprie de către beneficiar. Lucrările în antrepriză au la bază contracte care precizează obligațiile și drepturile părților ce participă la realizarea investițiilor. Recepția lucrărilor de investiții se realizează printr-un proces verbal care consemnează calitatea lucrărilor, remedierile necesare și termenul de înlăturare a defcienților. Pentru urmărirea lucrărilor de investiții, în fiecare întreprindere există un serviciu de investiții care are în vedere aprovizionarea și finanțarea lucrărilor după ce s-a aprobat investiția obiectivului și s-a deschis finanțarea de către banca de investiții. Urmărirea lucrărilor se face pe bază de grafic calendaristic cu scopul depistării

Scanned with OKEN Scanner

posibilităților de reducere a timpului de dare în funcțiune a obiectivelor proiectate.

● *Planul de întreținere și reparații* are la bază teoria echipamentelor cu care operează cercetarea operațională și urmărește înlăturarea la timp și în condiții corespunzătoare a defecțiunilor din instalațiile în funcțiune la nivelul sistemelor industriale de producție.

Practica a arătat că există două categorii de echipamente (utilaje) care trebuie studiate minuțios și anume: echipamente supuse uzurii treptate (constantă, aleatorie) și echipamente care se distrug brusc (becuri, tuburi electronice, tranzistoare etc). Înlocuirea se poate face individual sau în grup cînd costul de întreținere tinde să crească sensibil. În cazul utilajelor supuse uzurii treptate înlocuirea se face individual, iar în cazul pieselor și aparatelor care se defectează brusc este de preferat ca, după atingerea duratei optime de viață sub aspect economic, să se treacă la înlocuirea lor în grup.

Modelul matematic pentru stabilirea timpului după care echipamentul suferă o înlocuire individuală se poate scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a)}\ Z_t^d = (C_a^d + \sum_i C_i^d - V_r^d + p_n I_t^d) = \text{minim} \\ &\text{b)}\ Z_t^c = (C_a^c + \int_x C_i^c(x)\,dx - V_r^c + p_n I_t^c) = \text{minim} \end{aligned}\right\} \qquad (1.29)$$

Dacă se derivează funcțiile cheltuielilor (Z_t^d; Z_t^c) și se anulează derivata se poate calcula timpul după care utilajul trebuie înlocuit.

În modelele (1-29) intervin următoarele mărimi: C_a^d; C_a^c sînt cheltuieli de achiziție a utilajelor în manieră discretă (C_a^d) și continuă (C_a^c); C_i^d; C_i^c — cheltuielile datorită uzurii discrete și continue V_r^d; V_r^c — valoarea reziduală a utilajelor care se înlocuiesc, p_n — coeficientul de eficiență economică; I_t^d; I_t^c — investițiile în cele două cazuri. Ultimii termeni ($p_n I_t$) se iau în considerație pentru a scoate în evidență efectul de blocaj al investițiilor în cadrul planului de reparații și întreținere a utilajului cînd piesele achiziționate se depozitează.

Dacă ($I_t = C_a = I_i$) iar cheltuielile sînt supuse actualizării atunci modelul (1.29) a) se poate scrie în următoarea formă:

$$Z_{ac}^d = \left[\sum_i^t C_i^d (1 + p_n)^{\pm i} + \sum_i^t I_i (1 + p_n)^{\pm i} - K \cdot e^{-r_a n}\right] = \text{minim} \qquad (1.30)$$

în care: r_a este rata de actualizare care se poate considera egală cu coeficientul de eficiență economică (p_n), n — numărul de piese ce se înlocuiesc K și a — constante ale procesului determinate cu ajutorul datelor din postdicție; t — durata pe care se evaluează cheltuielile.

Durata optimă după care un utilaj trebuie înlocuit se stabilește cu o relație de forma:

$$(C_{i(t-1)}^{d(c)} - Z_{(t-1)}^{d(c)})_{ac} < t_i < (C_{i(t+1)}^{d(c)} - Z_{(t+1)}^{d(c)})_{ac} \qquad (1.31)$$

în care: $C_{i(t-1)}^{d(c)}$; $C_{i(t+1)}^{d(c)}$ sînt cheltuielile cu întreținerea discretă (d) și continue (c) în anii $i = (t-1)$ și $i = (t+1)$; t_i — anul după care se face înlocuirea utilajelor considerat de la momentul punerii lor în funcțiune; $Z_{(t-1)}^{d(c)}$ și $Z_{(t+1)}^{d(c)}$ — cheltuielile totale actualizate.

Scanned with OKEN Scanner

În cazul pieselor care se distrug brusc se pune problema stabilirii numărului de dispozitive care se înlocuiesc și a intervalelor după care se reînnoiesc. Rezolvarea acestei probleme se poate face ținînd seama de următoarele idei: înlocuirea se face individual (la căderea fiecărei piese) sau în grup; combinarea înlocuirii individuale cu cea în grup și stabilirea momentului după care se scot grupurile de piese sau utilajele singulare din funcțiune. Înlocuirea individuală va fi preferată înlocuirii în grup, dacă costul total în primul caz este mai mic decît la reînnoirea grupată a pieselor. În cazul înlocuirii combinate (individual plus grup) cheltuielile totale se determină astfel:

$$Z_i^{i+g} = (c_1 N_g + c_2 \sum_j N_{ij} + p_n I_i^{i+g}) = \text{minim} \qquad (1.32)$$

în care: N_g este numărul de piese ce se înlocuiește în grup (g); N_{ij} — numărul de piese ce se înlocuiesc individual la diverse etape (j); c_1, c_2 — costurile specifice ale înlocuirii; I_i^{i+g} — investițiile pentru operațiile de înlocuire individuală (i) și în grup (g).

Pentru sisteme industriale complexe strategia optimă de înlocuire a pieselor se face cu ajutorul modelelor matematice Marcov care operează cu probabilitate de tip Chapman Kolmogorov pentru structuri discrete și continue. Reparațiile se împart în revizii, reparații curente I și II și reparații capitale. Reparațiile se execută din fondurile de producție ale întreprinderilor și grevează costul produselor.

Încadrarea practică a lucrărilor de reparații în cele trei categorii se face după volumul lucrărilor, periodicitatea înlocuirilor și valoarea mijloacelor fixe supuse verificărilor. Conform legislației în vigoare reparațiile capitale nu pot depăși 60 % din valoarea de înlocuire a mijlocului fix, nou echivalent. Organizarea reparațiilor sub aspectul modului de lucru, organizarea echipelor etc. se face pe baza conceptului de entropie informațională. Gradul de organizare este maxim dacă entropia informațională are valoarea minimă. Scoaterea grupurilor electrogene în reparație se face de regulă în golul curbei de sarcină și anume în golul de vară al curbei de consum. Această strategie asigură acoperirea curbei de consum cu o rezervă de putere pentru reparații pe măsura necesarului, ceea ce generează cheltuieli minime de exploatare a instalațiilor la nivelul întregului sistem energetic.

● *Planul forțelor de muncă și al retribuirii personalului muncitor* are drept indicatori creșterea productivității muncii, utilizarea rațională a resurselor umane și a fondurilor de retribuire a lucrătorilor.

Productivitatea muncii se calculează fie în unități valorice (lei/lucrător), fie în unități naturale (kWh/unitate de timp). Deci productivitatea cu care se operează în energetică la nivelul instalațiilor din centrale electrice este o putere medie. Creșterea productivității muncii în energetică presupune; scurtarea duratei reparațiilor și creșterea intervalului dintre două reparații; funcționarea fără incidente de exploatare; calificarea cadrelor și organizarea rațională a locurilor de lucru.

Structura forței de muncă în energetică este formată din muncitori, ingineri și tehnicieni precum și din personal ajutător. Muncitorii pot fi de bază și auxiliari, calificați și necalificați. Ponderea muncitorilor în ramura energiei

Scanned with OKEN Scanner

electrice și termice este de 30—70 % funcție de specificul unităților productive (cercetării-proiectări, construcții-montaj și exploatarea instalațiilor din centrale și stații). Tendința este ca numărul de ingineri și tehnicieni să crească mai ales în sectoarele de concepție și în locurile unde se poate dezvolta dialogul om-calculator.

Fondul de retribuire a personalului muncitor (F_{re}) (muncitori, ingineri și tehnicieni plus personal ajutător) se calculează astfel:

$$F_{re} = (n_m r_m^m + n_{i+t} \cdot r_m^{i+t} + n_{paj} \cdot r_m^{pj})\, n_e \quad \text{[lei/an]} \tag{1.33}$$

în care: n_m, n_{i+t}, n_{paj} reprezintă numărul lucrătorilor pe categorii și anume: muncitorii (n_m), ingineri și tehnicieni ($i + t$) precum și personal ajutător (n_{paj}), n_e — numărul de luni dintr-un an care se ia în considerație la calculul fondului (F_{re}).

Pentru corelarea productivității cu retribuția lunară a personalului muncitor trebuie ca indicatorii productivității muncii să fie mai mare decît indicatorul retribuirii lunare a muncii. Acest lucru poate fi realizat cu eforturi normale dacă sectoarele de activitate se pretează la automatizări și dacă tehnica nouă se introduce sistematic la nivelul tuturor sistemelor de producție. Practica confirmă că ponderea tehnicii noi în creșterea productivității muncii la nivelul proceselor de aparatură este mult mai mare decît ponderea intervențiilor directe a lucrătorilor. În unele situații intervenția omului se face numai prin intemediul instalațiilor de automatizare și telecomandă.

● *Planul cheltuielilor de producție.* Costurile producției ca indicatori sintetici înlesnesc evidențierea cheltuielilor și calcularea beneficiului la nivelul fiecărui sistem industrial. Costul reflectă calitatea și cantitatea activității de producție și indică modul de gospodărire a resurselor. El poate fi antecalculat și postcalculat. Prima cale se aplică la nivelul documentației tehnico-economice iar calea a doua la nivelul exploatării instalațiilor. Dacă costul din postcalcul este mai mic decît cel din antecalcul atunci soluția preconizată a fost îmbunătățită în timpul realizării produsului. Prețul de vînzare a energiei electrice și termice poartă denumirea de tarif. Diferența dintre prețul de vînzare și cel de cost ne dă beneficiul realizabil în diferite condiții de producție. Creșterea beneficiului se face prin reducerea costului. Reducerea costului se realizează prin scăderea cheltuielilor și mărirea volumului producției.

● *Planul financiar ca parte finală a planului (t.i.f.)* oglindește valoric rezultatele obținute în producție, corelațiile cu bugetul statului și necesarul de mijloace circulante pentru realizarea sarcinilor de plan. Dacă un sistem industrial de producție este organizat rațional și aplică principiul gestiunii proprii atunci veniturile trebuie să acopere cheltuielile și să genereze beneficii. În planul financiar se stabilesc sarcini privind: rentabilitatea producției; mărimea acumulărilor, accelerarea vitezei de rotație a mijloacelor circulante, mărimea vărsămintelor către buget și alocațiile de la buget.

Relațiile care se urmăresc în principal la nivelul unui sistem industrial ca indicatori sintetici ai planului financiar se pot scrie astfe:

$$\left.\begin{aligned} (V - C) &= (P_a + P_b) - (A_a + A_b) \\ B &= (p_v - p_c);\ R\,\% = \frac{B}{pc} \cdot 100 \end{aligned}\right\} \tag{1.34}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: V reprezintă veniturile; C — cheltuielile; B — beneficiul; R — rentabilitatea; p_v — prețul de vînzare; p_c — costul producției; P_d, P_b — plățile întreprinderii către centrala industrială (P_d) și către buget (P_b); A_d, A_b — alocațiile centralei industriale către întreprindere (A_d) și alocațiile de la buget (A_b).

Prin planificarea financiară se urmărește: stabilirea volumului mijloacelor bănești necesare îndeplinirii sarcinilor de producție; intensificarea valorificării rezervelor interne; folosirea rațională a resurselor; realizarea concordanței dintre indicatorii planului tehnic industrial și financiar și rentabilizarea activității de producție.

Elemente de energetică industrială reflectate în *optimizarea sistemelor de energie*. Pentru aplicarea concepției sistemice de optimizare a sistemelor de energie ținînd seama de elementele de structură a unităților din cadrul energeticii (sursele de producere a energiei, elementele de transport și distribuție și consumatorii de energie) se vor face în continuare o serie de considerații atît asupra principiilor speciale care se aplică în cazul energeticii industriale pe baza cărora consumatorii se leagă de sistemul energetic cît și asupra modelelor operative de optimizare a activității sectoarelor energetice din întreprinderile industriale considerate sisteme de producție.

Printre principiile generale de funcționare optimale a instalațiilor energetice ce leagă sursa de consumator reținatenția următoarele:

— problemele energeticii industriale trebuie gîndite și rezolvate în manieră sistemică astfel ca la consumator să se regăsească politica energetică de la nivelul întregului sistem de energie;

— transportul, distribuția și utilizarea energiei de orice fel trebuie realizate numai în baza corelației furnizor-consumator cu respectarea atît a indicatorilor calitativi cît și a celor cantitativi ai eficienței întregii activități;

— generalizarea măsurilor eficiente care permit obținerea unor economii substanțiale de combustibil și energie pe întregul lanț tehnologic ce leagă consumatorul de furnizorul de energie.

Modelele matematice de optimizare a activității productive din cadrul sectoarelor energetice se pot concepe sistemic pe funcții ale întreprinderii: aprovizionare, producție, personal, financiar — contabil și cercetare - dezvoltare. Pentru exprimarea corectă a restricțiilor din cadrul modelelor matematice de optimizare este necesar să se cerceteze conținutul planurilor de activitate din cadrul întreprinderilor analizate și legătura dintre acestea pe toate treptele ierarhice de conducere a producției. Dacă această acțiune este condusă sistemic și în profunzime atunci indicatorii de eficiență ai activității în anul de plan trebuie să fie superiori celor din anul de bază.

În baza acestor idei, alimentarea rațională a întreprinderilor industriale cu energie și utilizarea rațională a tuturor formelor de resurse energetice presupune stabilirea cantităților necesare de energie și combustibil, în cadrul funcției de aprovizionare, folosirea rațională a energiei în cadrul funcției de producție, eliminarea întreruperilor și a pierderilor suplimentare generate de un personal necorespunzător în contextul aplicării în practică a conceptelor cu care operează funcția de personal, evidențierea efectelor economice a acțiunilor de organizare a producției și de folosire rațională a energiei se face în cadrul funcției financiar-contabile iar prognoza dezvoltării instalațiilor

Scanned with OKEN Scanner

consumatoare de energie se realizează în contextul aplicării funcției de cercetare-dezvoltare la extinderea întregului sistem industrial. Numai în acest context alimentarea cu energie se poate face la nivelul cerințelor impuse de problemele tehnologice ale producției industriale.

Modelarea activității energetice pe funcții ale întreprinderii în contextul cercetării secțiunilor din planul tehnic-industrial și financiar presupune elaborarea bilanțului energetic la nivelul întregului sistem. Acest bilanț redă corelația dintre energie consumată, pierderile de energie și energia preluată din sistem. Gradul de folosire rațională a energiei în întreprinderi crește dacă schemele de alimentare sînt dimensionate corespunzător, consumatorii funcționează în afara vîrfurilor de sarcină ale sistemului și sînt încărcați la puterea lor economică.

Problemele ce rețin atenția specialiștilor în modelarea energeticii industriale sînt în principal următoarele:

— aplatisarea curbelor de sarcină cu ajutorul consumatorilor tampon;
— înlocuirea motoarelor electrice supradimensionate;
— compensarea factorului de putere și integrarea acestora în cadrul bilanțului energetic real și optim al întreprinderii și al ramurii energetice.

Aplatisarea curbelor de sarcină se face cu scopul reducerii puterilor absorbite la orele de vîrf și micșorării investițiilor atît în ramura energetică cît și în ramura extracției combustibilului.

Reducerea puterii de vîrf la consumatorii industriali se face prin echilibrarea încărcării pe cele trei schimburi și programarea consumului pe cît posibil în afara orelor de vîrf. Conform legislației în vigoare sistemele industriale cu puteri instalate peste 200 kW sînt obligate să încarce uniform schimburile (I și II) și să prevadă circa 90% încărcarea pe schimbul III în raport cu schimbul I.

Reducerea vîrfurilor de consum se face cu ajutorul consumatorilor tampon. Prin consumator tampon se înțelege o instalație industrială care absoarbe energie doar în afara orelor de vîrf. Instalația tampon poate fi de două feluri: integrată cînd face parte dintr-o linie tehnologică și singulară cînd lucrează independent. Instalațiile tampon independente sînt: fabricile de carbid; centralele hidroelectrice cu pompare acumulare etc.

Eficiența economică a consumatorilor (instalațiilor) tampon se determină fie cu ajutorul indicatorilor naturali (productivitatea instalației), fie cu ajutorul indicatorilor valorici (cheltuieli de calcul Z_{ct}).

Productivitatea consumatorilor tampon independenți ($P_m^{ct\,s}$) și a celor integrați ($P_m^{ct\,i}$) se calculează astfel:

$$P_n^{ct\,s} = P_m^{cs} \cdot \frac{t_f^{sc}}{t_f^{ct}}; \quad P_m^{ct\,i} = P_m^{lt} \cdot \frac{t_f^{lt}}{t_f^{ct}} \frac{c_{sp}^{ct}}{c_{sp}^{ct}} \tag{1.35}$$

în care: P_m^{cs} este productivitatea muncii a consumatorului simplu; t_f^{cs}; t_e^{ct} — timpul de funcționare a consumatorului simplu (cs) și a celui tampon (ct); P_m^{lt} — productivitatea muncii la nivelul liniei tehnologice în care se integrează consumatorul tampon; t_f^{lt}, t_f^{ct} — timpii de funcționare pentru linia tehnologică (t_f^{lt}) și pentru consumatorul tampon (t_f^{ct}); c_{sp} — consumul specific la nivelul liniei tehnologice (lt) și la nivelul consumatorului tampon (ct).

Scanned with OKEN Scanner

Alegerea unui consumator tampon în raport cu un consumator simplu se face pe baza termenului de recuperare (t_{rc}) scris sub forma:

$$t_{rc} = \frac{\Delta I_{cst}}{\Delta C_{cst}} = \frac{I_{cs} - I_{ct}}{C_{ct} - C_{cs}} \gtrless t_{rn} = (10 - 12{,}5) \text{ ani} \qquad (1.36)$$

în care: ΔI_{cst} reprezintă investițiile suplimentare; ΔI_{cst} — economiile ce se realizează la cheltuielile de exploatare; I_{cs} — investițiile la nivelul consumatorului simplu; I_{ct} — investițiile la nivelul consumatorului tampon; C_{ct} — cheltuielile la nivelul consumatorului tampon; C_{cs} — cheltuielile la nivelul consumatorului simplu.

— Dacă $t_{rc} > t_{rn}$ atunci se recomandă instalarea consumatorului tampon în locul consumatorului simplu.

Prin *consumator simplu* se înțelege instalația care absoarbe energia și la orele de vîrf ale sistemului.

— Dacă $t_{rc} \leqslant t_{rn}$ se preferă consumatorul simplu în locul consumatorului tampon.

— Dacă $t_{rc} = t_{rn}$ alegerea unui anumit tip de consumator se face în funcție de indicatorii naturali ai instalațiilor comparate și se preferă consumatorii care prezintă indicatori naturali cei mai favorabili.

După stabilirea oportunității consumatorului tampon în raport cu cel simplu se trece la alegerea celei mai economice instalații tampon pe baza minimizării cheltuielilor de calcul.

$$Z_{ct} = C_{ct} + p_n I_{ct} = \left[\sum_j \left[C^j_{ct} + p_n i_{sp} \cdot P^r_{ct} (1 + f_r)_j \frac{(1 + p_{rs})_j}{(1 - s_t)_j}\right]\right] +$$

$$+ [p_n \sum_j I_{ehj}] \; ; \; Z_{ct} = \sum_j \left[p^e_c t^f_{ct} + p_n i_{sp} (1 + f_r)_j \frac{(1 + p_{rs})_j}{(1 - s_t)_j}\right] P^r_{ct\,j} + p_n \sum_j I_{ehj} \qquad (1.37)$$

în care: Z_{ct} sunt cheltuielile de calcul al cărui extrem (minim) indică tipul de consumator tampon cel mai economic; C_{ct} — cheltuielile de exploatare a consumatorului tampon (cheltuieli cu combustibilul, cu amortizarea, cu retribuția personalului din exploare, cheltuieli speciale și cheltuieli diverse). Cheltuielile speciale se referă la stocare, așteptare, siguranță în funcționare, ordonanțare, decizie și cheltuielile de echivalare; n — numărul de cheltuieli pe categorii de la nivelul unui consumator tampon; i_{sp} — investiția specifică; p^e_c — costul energiei; t^f_{ct} — timpul de funcționare a consumatorului tampon; P^r_{ct} — puterea ce se reduce la vîrful sistemului prin absorbirea ei în afara vîrfului. Această putere se instalează în cadrul consumatorului tampon; f_r — factorul de rezervă a puterii; p_{vs} — pierderile de putere; s_t — consumul pentru serviciile interne; I_{en} — investiția de echivalare.

Dintre variantele comparate se preferă acea care are cele mai mici cheltuieli de calcul.

Înlocuirea motoarelor electrice supradimensionate, cu motoare de putere egală cu cea cerută de utilajul tehnologic, se face pe baza aplicării următoarelor relații matematice:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a) } Z^{sd}_m = p^{sd}_{at\,r} \cdot I^{sd}_m + p^e_e \cdot E^{sd}_{cm} + p_n[i^m_{sp}(E^{sd}_{cm} - E^n_{cm}) + i^s_{sp}(P^{s\,d}_m - P^n_m)] \\ &\text{b) } Z^n_m = p^n_{a+r} \cdot I^n_m + p^e_c \cdot E^n_{cm} + p_n(I^n_m \pm I^{sd}_{nam} + I_{mt}) \\ &\text{c) } Z^{sd}_m > Z^n_m \; ; \; Z^{sd}_m < Z^n_m \; ; \; Z^{sd}_m = Z^n_m \end{aligned}\right\} (1.38)$$

în care: Z_m^{sd}, Z_m^n sînt cheltuieli de calcul pentru cazul exploatării motoarelor supradimensionate (sd) și a celor de putere (n) necesară utilajului tehnologic; p_{a+r} — coeficientul pentru determinarea cheltuielilor de amortizare și reparații ($a + r$); p_c^e — costul energiei; E_{cm} — energia consumată de motoarele care se compară; I_{sp}^m — investiția specifică minieră; I_{sp}^s — investiția specifică în sistem; P_m^u — pierderile de putere în cele două situații: motor supradimensionat (sd) și motor normal (n); I_m — investițiile în motorul supradimensionat (sd) și motorul de putere necesară (n); I_{nam}^{sd} — investiția neamortizată în cazul motorului supradimensionat la momentul înlocuirii lui. Dacă motorul se folosește în alte locuri de muncă atunci în relația (1.38 b) se ia în calcul semnul minus. În cazul casării motorului se ia în considerație semnul plus; I_{mt} — investiția de montaj pentru motorul nou.

După compararea cheltuielilor de calcul se acceptă varianta la care (Z_m = minim) și care are cei mai buni indicatori naturali.

Dacă se înlocuiește un motor asincron (a) supradimensionat cu un motor sincron (s) atunci cheltuielile de calcul se pot scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a) } Z_a = [p_c^e(E_{cm}^a + E_{cm}^{ic}) + (p_n + p_{a+r}^a) I_i^a + p_n I_{rc}] \\ &\text{b) } Z_s = [p_c^e E_{cm}^s + (p_n + p_{a+r}^s) I_i^s] \\ &\text{c) } Z_s > Z_a;\ Z_s < Z_a;\ Z_s = Z_a \end{aligned}\right\} \quad (1.39)$$

în care: Z_a, Z_s sînt cheltuielile de calcul pentru cele două situații; E_{cm}^{ic} — energia consumată de instalația de compensare; I_i^a, I_i^s — investițiile totale pentru motorul asincron (a) și pentru cel sincron (s); I_{rc} — investițiile conexe. Se preferă soluția cu motor sincron dacă ($Z_s < Z_a$).

Compensarea factorului de putere pînă la valoarea lui optimă permite reducerea pierderilor de putere activă datorită circulației de putere reactivă și înlesnește, în consecință, creșterea capacității de transport a instalației care leagă sursa de consumator.

Funcția de eficiență a modelului matematic pentru compensarea optimă a factorului de putere se poate scrie sub forma:

$$Z_t = Z_{\cos\varphi} = [p_{a+r} \cdot I_{ic} + p_c^e \Delta E_i + p_n i_{sp}^{ic} Q_{ci}^{ic} + p_n(i_{sp}^m \Delta E_i + i_{sp}^s \Delta P_i) + p_n I_m] = \text{minim} \quad (1.40)$$

în care: p_{a+r} este coeficientul pentru calculul cheltuielilor de amortizare și întreținere; $I_c = i_{sp}^{ci} Q_{ci}^{ic}$ — investiția necesară procurării condensatoarelor respectiv pentru cumpărarea compensatoarelor sincrone; i_{sp}^{ic} — investiția specifică; Q_{ci}^{ic} — puterea reactivă; ΔE_i; ΔP_i — pierderile de energie și puterea în varianta (i); I_m — investiția pentru montajul instalației de compensare.

Factorul de putere are valoarea optimă dacă cheltuielile de preluare a energiei din sistem și cheltuielile de utilizare rațională a resurselor energetice la nivelul întregului sistem de producție, sînt minime.

Elaborarea bilanțului energetic al unui sistem de producție presupune pe lîngă problemele modelate anterior și parcurgerea unor etape de calcul după cum urmează:

— stabilirea conturului bilanțului energetic cu precizarea cantităților de energie care intră și care pleacă din zona conturată pentru analiză;

— determinarea consumurilor de energie atît pentru o pozdicție de zece ani cît și la nivelul anului de bilanț inclusiv calcularea valorii medii a factorului de putere;

Scanned with OKEN Scanner

— măsurarea fluxurilor reale de energie în rețeaua întreprinderii și trasarea curbelor de sarcină pentru cele mai caracteristice zile de funcționare a instalației în tot cursul anului;

— determinarea pierderilor de energie la nivelul întregii rețele din întreprindere și stabilirea cauzelor care generează risipa de energie;

— întocmirea analitică și grafică a bilanțurilor reale la nivelul secțiilor de producție și la nivelul întregului sector energetic;

— calcularea indicatorilor de eficiență a cercetării privind elaborarea bilanțului energetic pe baza măsurilor de economisire a energiei la nivelul fiecărui loc de muncă;

— optimizarea bilanțului real luînd în considerație măsurile ce se pot aplica sistemic pentru reducerea pierderilor de energie de la consumator la bara de intrare a energiei în întreprindere;

— elaborarea unui program de calcul pentru transpunerea sintetică pe calculator a etapelor de elaborare a bilanțului energetic;

— analizarea datelor obținute în baza algoritmului aplicat în practică pentru a scoate în evidență problemele ce se pun la interfața dintre întreprinderea analizată și sistemul de energie care alimentează întreprinderea.

În vederea înțelegerii algortimului de elaborare a bilanțurilor reale și optime se vor prezenta în continuare atît structura relațiilor de calcul al pierderilor și rezultatele obținute în practică pe rețeaua a două întreprinderi (A) și (B) cît și schemele unui bilanț real și optim.

a) **Bilanțul real.** Pentru calculul practic al diverselor categorii de pierderi necesare întocmirii bilanțului real s-au utilizat o serie de relații de calcul după cum urmează:

Determinarea pierderilor de energie în transformatoae. Pierderile de energie activă și reactivă în transformatoare se pot calcula cu relații de forma:

$$\begin{aligned} \Delta E_{activă} &= n(\Delta P_{Fe} + \alpha_m^2 \Delta P_{Cu})\, T_f \qquad [\text{kWh}] \\ \Delta E_{reactivă} &= n(\Delta Q_{Fe} + \alpha_m^2 Q_{Cu})\, T_f \qquad [\text{kVarh}] \end{aligned} \tag{1.41}$$

în care: n este numărul de transformatoare cuplate în paralele; $\alpha_m = k_f \frac{I_m}{I_n} = k_f \cdot \frac{S_m}{S_n}$, — coeficientul de încărcare medie a unui transformator; k_f — coeficientul de formă al curbei de sarcină; T_f — timpul de funcționare la sarcina medie (S_m); $\Delta P_{Fe(Cu)} \Delta Q_{Fe}$, ΔQ_{Cu} — pierderile de putere activă și reactivă în fier și cupru ale transformatoarelor.

Cu aceste relații au rezultat pentru cele două întreprinderi considerate nivelele de pierderi din tabelul 2.

Tabelul 2

	Întreprinderea	$\Delta E_{activă}$		$\Delta E_{reactivă}$	
		MWh	%	MVarh	%
A	I. M. *	—	—	—	—
	M. J.	126	2,4	325	6,8
B	I. M.	132,9	0,6	292,5	1,3
	M. J. **	243,7	1,1	630	2,8

* Rețea de înaltă — medie tensiune (IM);
** Rețea de medie — joasă tensiune (MJ).

Calculul pierderilor de energie în rețeaua de cabluri a secțiilor și a întreprinderii. Pierderile de energie activă s-au calculat ținînd seama că rețeaua este de tip radial (în una sau mai multe trepte). Se pot utiliza două relații de calcul, în funcție de posibilitățile de efectuare a măsurătorilor și anume:

$$\left.\begin{aligned} E_{cab} &= 3 \cdot R_{cab} \cdot k_f^2 \cdot I_{med}^2 \cdot T_f \quad [\text{kWh}] \\ E_{cab} &= R_{cab} \cdot k_f^2 \; \frac{E_{activă}^2 + E_{reactivă}^2}{U^2 \cdot} \; T_f \; [\text{kWh}] \end{aligned}\right\} \tag{1.42}$$

unde: R_{cab} reprezintă rezistența unei faze a cablului; I_{med} — curentul mediu printr-o fază a cablului; $E_{activă}$ $E_{reactivă}$ — energiile active și reactive transmise prin cablu într-o anumită durată de timp T_f.

Pentru calculul pierderilor de energie activă și reactivă în rețeaua de medie tensiune se folosesc expresii analoage. În cazul celor două întreprinderi (A) și (B) analizate, au rezultat nivelele de pierderi din tabelul 3.

Tabelul 3

Întreprinderea	ΔE_{active} (m.t)		ΔE_{active} (j.t)		$\Delta E_{reactive}$ (m.t)		$\Delta E_{reactive}$ (j.t)
	MWh	%	MWh	%	MVarh	%	—
A	—	—	63	1,2	—	—	—
B	44,3	0,2	531,6	2,4	22,5	0,1	—

Determinarea pierderilor de energie activă în motoarele de antrenare. Principala categorie de motoare utilizată este formată din motoare de tip asincron cu rotorul în scurtcircuit. Pierderile în astfel de motoare se împart în pierderi în fier, în cupru și mecanice.

$$E_{mot} = E_{Cu} + E_{Fe} + E_{mec}. \tag{1.43}$$

Calcularea fiecărei categorii implică relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} E_{Cu} &= 3 \cdot k_f^2 \cdot I_{med}^2 \cdot R_e \cdot T_f \\ E_{Fe} + E_{mec} &= (P_0 - 3I_0^2 R_e)\, T_f, \end{aligned}\right\} \tag{1.44}$$

unde s-au considerat: R este rezistența echivalentă a motorului; I_{med}, I_0 — curenți de sarcină și gol; P_0 — puterea activă absorbită la mers în gol, cu mecanismul cuplat.

Pe baza acestor relații, au rezultat datele înscrise în tabelul 4.

Tabelul 4

Întreprinderea	E_{Cu}		$E_{Fe} + E_{Mec}$	
	MWh	%	MWh	%
A	94,5	1,8	651	12,4
B	731,1	3,3	7753,2	35

Scanned with OKEN Scanner

Calculul pierderilor pentru alte categorii de consumatori. În cadrul altor categorii de consumatori, cum ar fi: iluminat incandescent sau fluorescent, cuptoare cu arc sau inducție, reactoare, instalații de redresare etc, calculul pierderilor se face diferențiat de la caz la caz, ținînd seama de particularitățile constructive și funcționale ale instalațiilor energetice.

Rezultatele optimizării bilanțurilor reale (efectuate pe baza modelelor matematice prezentate anterior) se obțin pe baza următorilor indicatori de eficiență economică:

Economia anuală de energie (E_t). Acest indicator absolut, reprezintă o primă formă de verificare și alegere a soluțiilor puse în discuție.

Coeficientul de eficiență se determină astfel:

$$p_{ef} = \frac{E_a}{C_t} \quad \left[\frac{\text{lei venit}}{\text{leu cheltuit}}\right], \tag{1.45}$$

unde: E_a reprezintă valoarea energiei economisită anual în soluția propusă; C_t — cheltuielile totale pentru aplicarea noii soluții, ținînd seama de costul cercetării, valoarea investițiilor, valoarea reziduală a utilajelor înlocuite și alte cheltuieli.

Termenul de recuperare a cheltuielilor se calculează astfel:

$$t_r = \frac{1}{p_{ef}} \quad \left[\frac{\text{leu cheltuit}}{\text{leu economisit}}\right]. \tag{1.46}$$

Venitul net se determină cu o relație de forma

$$V_n = E_a - C_t \quad [\text{lei/an}], \tag{1.47}$$

unde: V_n reprezintă cîștigul net al întreprinderii în urma optimizării consumurilor, raportat la primul an de aplicare a măsurilor.

Acest indicator se poate extinde la o perioadă de 5 ani:

$$V_n' = 5E_a - C_t', \tag{1.48}$$

unde C_t' reprezintă cheltuielile totale pentru aplicarea soluției noi pe timp de 5 ani.

Aprecierea finală a econcmicității unei soluții trebuie făcută pe baza analizei ccmparative a tuturor indicatorilor, ținînd cont și de politica energetică la un moment dat.

Pe baza modelelor matematice expuse și ținînd seama de indicatorii definiți, s-a elaborat un program de calcul a cărui organigramă generală este prezentată în fig. 1.6; alcătuirea sa se bazează pe o suită de subprograme specializate pe etape de calcul. În prima fază de prelucrare a datelor și măsurătorilor este necesară prezența specialistului, care să stabilească structura optimă a programului, pornind de la analiza situației de bilanț luată în discuție.

Programul de calcul a fost aplicat cu rezultate bune în cadrul studiilor întreprinse pentru diverse tipuri de întreprinderi (metalurgice, constructoare de mașini, chimice, de industrie ușoară etc). Pentru exemplificare în figurile 1.7 și 1.8 se prezintă rezultatele și diagramele Sankey ale unor bilanțuri reale și optimizate pentru o întreprindere constructoare de mașini (*A*) și o întreprindere chimică (*B*).

Scanned with OKEN Scanner

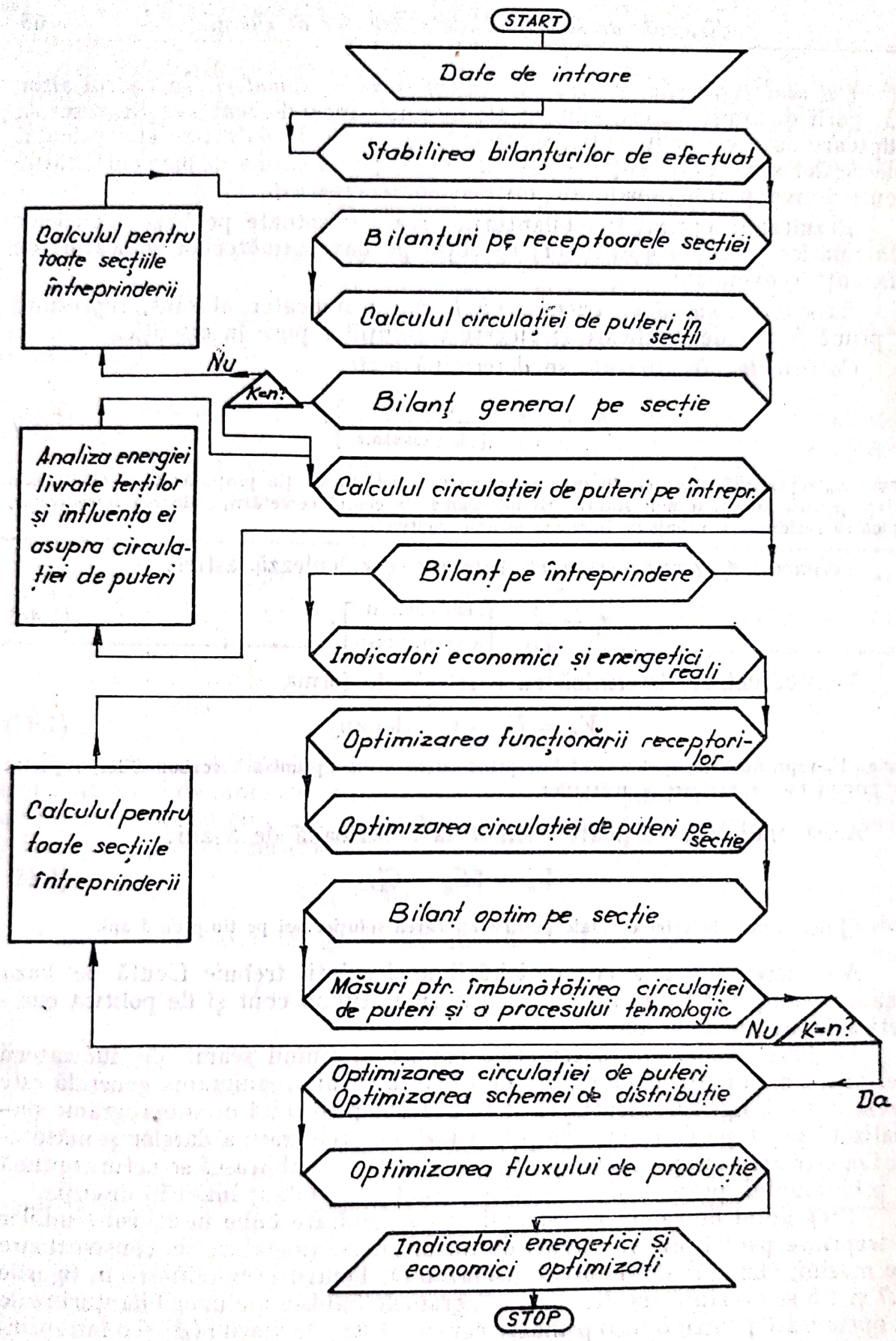


Fig. 1.6. Schema logică pentru optimizarea sistemului de consum de energie.

Scanned with OKEN Scanner

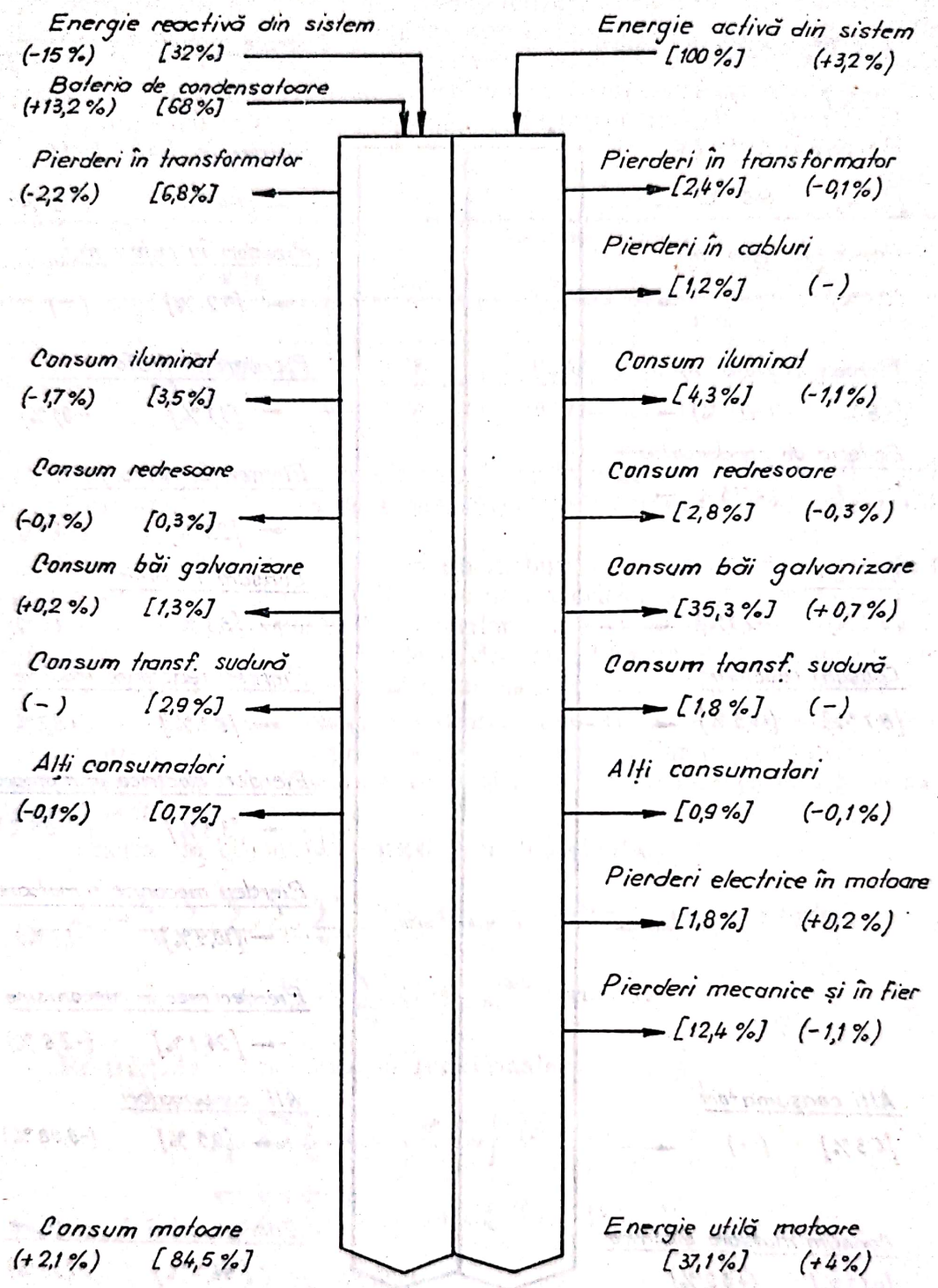


Fig. 1.7. Diagramă pentru bilanțuri energetice la nivelul întreprinderii *A*.

Scanned with OKEN Scanner

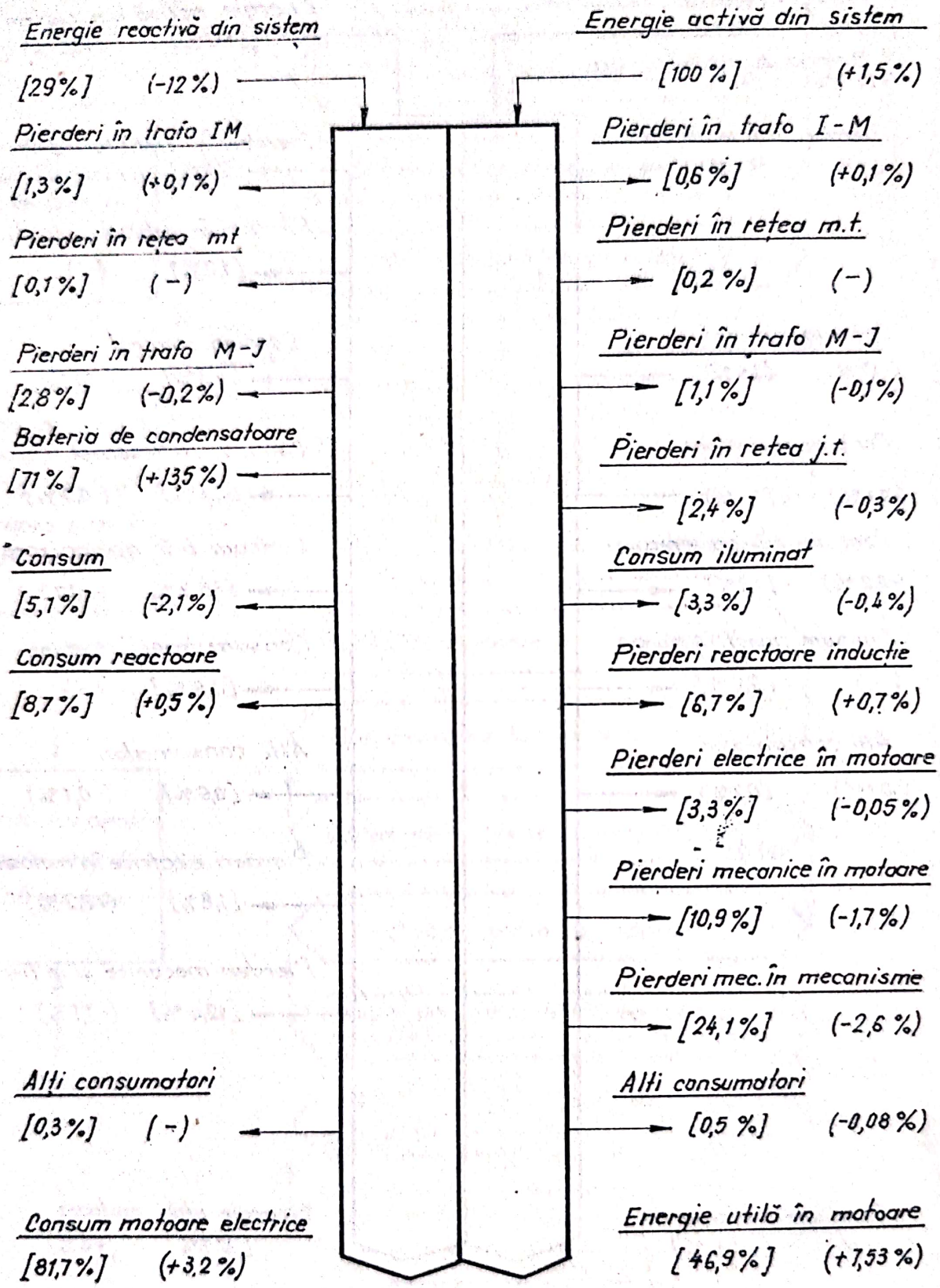


Fig. 1.8. Diagramă pentru bilanțuri energetice la nivelul întreprinderii B.

Scanned with OKEN Scanner

În parantezele pătrate s-au înscris cifrele rezultate din bilanțul real, iar în cele rotunde, variația procentuală a consumului de energie realizat după optimizare. În analiza lor s-a ținut seama și de creșterea producției. În tabelul 5 se prezintă valorile indicatorilor de eficiență economică obținuți pe baza optimizării bilanțurilor energetice la intreprinderile (*A*) și (*B*).

Tabelul 5

Întreprinderea	Indicatori				
	E_t[MWh]	p_{ef}	t_r	V_n[lei]	
				1 an	5 ani
A	195,8	1,78	0,562	24 500	275 400
B	138,2	1,38	0,724	13 100	199 100

Pentru a obține rezultate cît mai bune în urma optimizării bilanțurilor reale, trebuie analizate aspecte cît mai largi din procesul de producție al întreprinderii.

b) **Bilanțul optim.** Optimizarea nu trebuie să se oprească la aspecte pur energetice, ci trebuie să cuprindă și o analiză critică a părții tehnologice.

Este necesară efectuarea bilanțurilor reale și optimizate încă din faza de punere în funcțiune a întreprinderii, deoarece bilanțurile teoretice efectuate în faza de proiectare nu dau o imagine calitativă suficient de precisă.

Legătura în manieră sistemică dintre elementele de structură ale instalațiilor de producere și transport cu cele ale instalațiilor de consum a energiei se poate face în *ideea optimziării activității la nivelul întregului sistem cu un model matematic de forma*:

— Funcția de eficiență a mcdelului matematic]

$$Z_t = \sum_h \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m [C_{hjklm} x_{hjklm}\, t_f + i_{sp}^{sc} x_{hjklm}]\, b_{ac} = \text{minim};$$

$$b_{ac} = \sum_i (1 + p_n)^{m-t};\ m = 1. \tag{1.49}$$

— Restricțiile tehnologice și funcționale:

$$\left.\begin{aligned}
&\sum_k \sum_l \sum_m x_{hjklm} \lessgtr E_{hj} \\
&\sum_h \sum_j \sum_k b_{hjklm} x_{hjklm} \gtrless R_{km} \\
&\sum_h \sum_j x_{hj} \gtrless P_{hd} t_{hd} \\
&\sum_k \sum_l \sum_m x_{klmg} d_{klmg} \gtrless A_g^V
\end{aligned}\right\} \begin{matrix} (r+u) \\ (s+p) \end{matrix} \tag{1.50}$$

$$x_{hjklm} \geq 0;\quad x_{hj} \geq 0;\quad x_{klmg} \geq 0.$$

în care: c_{hjklm} este costul specific al unității fluxului de energie care pleacă de la centrale de alimentare (h) la centrele de consum (j) prin lanțurile tehnologice (k) sub forma de energie utilă electrică (l) și termică (m); x_{hjklm} — fluxuri de energie electrică (l) și termică (m) care parcurg lanțurile energetice (k) dinspre centrale de alimentare (k) spre cele de consum (j); E_{hj} — Energia preluată din sistem din centrale de alimentare (h) și distribuită centrelor de consum (j) pe tipuri de consumatori (r) și forme de energie utilă (u); b_{hjklm} — consumul de combustibil necesar producerii unității de energie livrată consumatorilor; R_{lm} — resursele de energie pentru acoperirea necesarului de energie la consumator. Formele de resurse ($m = 1 \dots p$) și tipurile de lanțuri ($k = 1 \dots s$); $P_{hd} \cdot t_{hd}$ — energia disponibilă la ora de vîrf la nivelul centralelor de alimentare de putere P_d care funcționează un timp t_d pe durata luată în calcul la optimizarea bilanțului energetic, d_{klmg} — prețul în valută al unei unități de putere A_g^4 — aportul de valută.

Exemple de calcul

● *Exemplul 1.* O centrală electrică trebuie racordată la sistemul energetic printr-o linie electrică aeriană de 220 kV.

Timpul de funcționare al centralei este de 2200 h/an la un timp de pierderi $t_p = 1000$ h/an. Obiectivul energetic va intra în funcțiune în primul an cu o putere de 175 MW și anul al zecelea pe profilul final va atinge 350 MW.

Studiul racordării centralei electrice la sistem se face în două variante pe baza următoarelor date:

Varianta V_1. Linie electrică cu dublu circuit cu conductoare de 3×450 mm² OL—AL, avînd 40 km lungime pînă la stația A din sistem de 220/110 kV. Stația de racordare are o linie de 220 kV dublu circuit bloc cu două autotransformatoare de 220/110 kV. În vederea racordării noii linii electrice se construiește în stația A un sistem de bare cu cuple corespunzătoare. Un km de linie este estimat la 10^6 lei Cheltuielile anuale se determină aplicînd o cotă de 2,95% la investiții. În stațua A se construiesc șase celule fiecare implicînd o investiție de $3 \cdot 10^6$ lei.

Varianta V_2. Linia electrică aeriană de 220 kV dublu circuit echipată cu conductoare de 3×450 mm² OL—AL în lungime de 15 km va lega centrala de stația B existentă în sistemul energetic diametral opusă față de varianta precedentă. Datorită configurației sistemului pierderile de putere la ora de vîrf sînt mai mari decît în varianta 1 cu 7 MW între anii (0—1) cu 9 MW între anii (2—3—5) cu 10 MW între anii (5,6,7,8) și cu 8 MW între anii (9—10).

Investiția specifică de echivalare $i_{sp}^e = 5200$ lei/kW iar prețul energiei 0,35 lei/kWh. În stația B se construiesc două celule pentru racordarea centralei electrice.

Să se determine:

a) Structura funcției de eficiență a modelului de optimizare a încadrării în sistem a centralei.

b) Determinarea investițiilor și cheltuielilor in variantele 1 și 2.

c) Alegerea variantei optime.

Rezolvare:

a) Funcția de eficiență pentru modelul cost-actualizat se poate scrie sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} Z_{ac} = \sum_{i=0} [I_i(1+p_n)^{m-i} + C_i(1+p_n)^{m-i} + D_i(1+p_n)^{m-i} - \\ - V_i(1+p_n)^{m-i}] - \sum_{i=1} V_{ri}(1+p_n)^{m-i} + R_n(1+p_n)^{-n_1} = \text{minim} \\ Z_{ac_1} = (I_{act_1} + C_{act_1} - R_{na\ t_1}) = \text{minim} \\ Z_{ac_2} = (I_{act_2} + C_{act_2} - R_{nact_2}) = \text{minim} \end{aligned}\right\} \quad (1.51)$$

b) Calculul investițiilor și cheltuielilor totale:

Varianta 1

$$\left.\begin{aligned} I_1 = I_{e_1} + I_{s_1} = i_{sp}^e l_1 \cdot + i_{sp}^s \cdot n_{s_1} = 10^3 \cdot 40 + 3 \cdot 10^6 \cdot 6 = 58 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I_{act_1} = \sum_{i=0} I_{1i}(1+p_n)^{m-i} = I_1(1+0{,}08)^{1-0} = 58 \cdot 10^6 \cdot 1{,}08 = 62{,}6 \cdot 10^6 \\ C_1 = p \cdot I_1 = 0{,}0295\, I_1 = 0{,}0295 \cdot 58 \cdot 10^6 = 1{,}71 \cdot 10^6 \text{ lei.} \\ C_{act_1} = \sum_{i=0} C_{1i}(1+p_n)^{m-i};\ p_n = 0{,}08;\ \text{m} = 1\ \ i = (0 \dots 10);\ n = 10 \end{aligned}\right\} \quad (1.52)$$

$C_{act_1} = \{1{,}71[(1{,}08^{1-0} + (1{,}08)^{1-1} + (1{,}08)^{1-2} + (1{,}08)^{1-3} + (1{,}08)^{1-4} + (1{,}08)^{1-5} + (1{,}08)^{1-6} + (1{,}08)^{1-7} + (1{,}08)^{1-8} + (1{,}08)^{1-9} + (1{,}08)^{1-10})]\,10^6\} = 1{,}71(1{,}08 + 1 + 0{,}93 + 0{,}86 + 0{,}79 + 0{,}74 + 0{,}68 + 0{,}63 + 0{,}58 + 0{,}54 + 0{,}5) \cdot 10^6 = 1{,}71 \times 8{,}33 \cdot 10^6 = 14{,}24 \cdot 10^6$ lei

$R_{n_1} = 0{,}7 I_1 = 0{,}7 \cdot 58 \cdot 10^6 = 40{,}6 \cdot 10^6$ lei.

$R_{nact_1} = R_{n_1}(1 + p_n)^{-n} = 40{,}6 \times 10^6 \cdot (1{,}08)^{-10} = 40{,}6 \cdot 0{,}463 \cdot 10^6$ lei

$R_{nact_1} = 18{,}8 \cdot 10^6$ lei

$Z_{act_1} = (62{,}6 + 14{,}24 - 18{,}8) \cdot 10^6 = 58{,}04 \cdot 10^6$ lei

Varianta 2

$$\left.\begin{aligned} I'_2 &= I_{e_2} + I_{s_2} = 10^6 \cdot 15 + 3 \cdot 10^6 \cdot 2 = 21 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I'_{act_2} &= I'_2(1 + 0{,}08)^1 = 21 \cdot 10^6 (1{,}08) = 22{,}68 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I^{actualizat}_{echivalare} &= P_{act} \cdot i^e_{sp} = 9{,}08 \cdot 10^3 \cdot 5200 = 47{,}2 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I_{act_2} &= I'_{act_2} + I^{act}_{ech} = (22{,}68 + 47{,}2) \cdot 10^6 = 69{,}88 \cdot 10^6 \text{ lei} \end{aligned}\right\} \quad (1.53)$$

Investiția specifică de echivalare este astfel calculată încît să acopere și rezerva de putere din sistem.

Pentru calculul investițiilor de echivalare se compară între ele situațiile pe anii de funcționare și se determină într-o primă fază pierderile diferențiale sub forma:

$$\left.\begin{aligned} &P_0 = 7 \text{ MW};\ P_1 = (7 - 7) = 0;\ P_2 = (9 - 7) = 2 \text{ MW};\ P_3 = (9 - 9) = 0 \\ &P_4 = (9 - 9) = 0;\ P_5 = (10 - 9) = 1 \text{ MW};\ P_6 = (10 - 10) = 0;\ P_7 = (10 - 10) = 0; \\ &P_8 = (10 - 10) = 0;\ P_9 = (8 - 10) = -2 \text{ MW};\ P_{10} = (8 - 8) = 0. \end{aligned}\right\} \quad (1.54)$$

Actualizarea pierderilor diferențiale se face astfel:

$P_{act_0} = P_0(1 + p_n)^{m-i} = P_0(1 + 0{,}08)^{1-0} = 7(1{,}08)^1 = 7{,}56$ MW

$P_{act_1} = P_1(1 + 0{,}08)^{1-1} = 0(1 + 0{,}08)^0 = 0$

$P_{act_2} = P_2(1 + 0{,}08)^{1-2} = 2(1 + 0{,}08)^{-1} = 2 \times 0{,}926 = +1{,}86$ MW

$P_{act_3} = P_3(1 + 0{,}08)^{1-3} = 0;\ P_{act_4} = P_4(1 + 0{,}08)^{1-4} = 0.$

$P_{act_5} = P_4(1 + 0{,}08)^{1-5} = 1 \cdot (1{,}08)^{-4} = 1 \cdot 0{,}735 = 0{,}735$ MW

$P_{act_6} = P_6(1 + 0{,}08)^{1-6} = 0;\ P_{act_7} = P_7(1 + 0{,}08)^{1-7} = 0$

$P_{act_8} = P_8(1 + 0{,}08)^{1-8} = 0;\ P_{act_9} = P_9(1 + 0{,}08)^{1-9} = -2 \cdot 0{,}54 = -1{,}08$

$P_{act_{10}} = P_{1_0}(1 + 0{,}08)^{1-10} = 0;\ P_{act_{(0-10)}} = 7{,}56 + 1{,}86 + 0{,}74 - 1{,}08 = 9{,}08$

$I^{ech}_{act} = P_{act} \cdot i^e_{sp} = 9{,}08 \cdot 10^3 \times 5{,}200 \cdot 10^3 = 47{,}2 \cdot 10^6$ lei

Calculul cheltuielilor totale actualizate în varianta a doua se face astfel:

$$\left.\begin{aligned} C_2 &= 0{,}0295 \cdot 21 \cdot 10^6 = 0{,}62 \cdot 10^6 \text{ lei} \\ C_{act_2} &= C_2 \sum_i (1 + p_n)^{m-i} + C^{act}_e = 30{,}46 \cdot 10^6 \text{ lei}. \end{aligned}\right\} \quad (1.55)$$

$C_2 \sum_i (1 + 0{,}08)^{1-i} = 0{,}62 \cdot 10^6 \cdot 8{,}33 = 5{,}16 \cdot 10^6$ lei

$C^{act}_{ch} = E^{act}_{ch} \cdot p^e_c = 72{,}38 \cdot 10^3 \times 350 \cdot 10^3 = 25{,}3 \cdot 10^6$ lei

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile de echivalare a stărilor de funcționare pe perioada celor zecei ani se determină calculînd pierderile de energie ($P_{0-10} \cdot t_p$) și după actualizare se procedează astfel:

$$E_0^{act} = 7 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-0} = 7{,}56 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_1^{act} = 7 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-1} = 7 \cdot 10^3 \text{ MWh} \qquad (1.56)$$

$$E_2^{act} = 9 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-2} = 8{,}34 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_3^{act} = 9 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-3} = 7{,}72 \cdot 10^3 \text{ MWh}$$

$$E_4^{act} = 9 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-4} = 7{,}15 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_5^{act} = 10 \cdot 10^3(1{,}08)^{-4} = 7{,}35 \cdot 10^3 \text{ MWh.}$$

$$E_6^{act} = 10 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-6} = 6{,}81 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_7^{act} = 10 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-7} = 6{,}3 \cdot 10^3 \text{ MWh.}$$

$$E_8^{act} = 10 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-8} = 5{,}83 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_9^{act} = 8 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-9} = 4{,}32 \cdot 10^3 \text{ MWh}$$

$$E_{10} = 8 \cdot 10^3(1{,}08)^{1-10} = 4 \cdot 10^3 \text{ MWh}; \quad E_{ch}^{ec'} = 72{,}38 \cdot 10^3 \text{ MWh} \quad C_{ch}^{ec'} = E_e^{act} \cdot p_c^e$$

$$R_{n_2} = 0{,}7 I_2 = 0{,}7 \cdot 21 \cdot 10^6 = 14{,}7 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$R_{act_2} = R_{n_2}(1 + p_n)^{-n} = 14{,}7 \cdot 10^6(1{,}08)^{-10} = 14{,}7 \cdot 10^6 \cdot 0{,}463 = 6{,}8 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$R_{act_2} = 6{,}8 \cdot 10^6 \text{ lei}$$

$$Z_{\overline{act_2}} = I_{act_2} + C_{act_2} - R_{act_2} = (69{,}88 + 30{,}46 - 6{,}8)\,10^6 \text{ lei}$$

$$Z_{act_2} = 93{,}54 \cdot 10^6 \text{ lei.}$$

c) Întrucît $Z_{act_1} < Z_{\overline{act_2}}$ se accepta ca soluție optimă varianta 1.

● *Exemplul* 2. O C.T.E. este echipată cu patru grupuri cu condensație avînd cracteristicile:

		gr. 1	gr.2	gr. 3	gr. 4
P_{imp}(arbore)	MW	52,08	26,6	26,6	26,6
P_{dmp}(arbore)	MW	52,08	26,6	21,28	26,6
S_i	MVA	62,5	24	25	30
S_d	MVA	62,5	24	32	30
cos φ		0,8	0,75	0,8	0,8
η alternator		0,96	0,94	0,94	0,94

Caracteristicile energetice ale grupurilor se dau astfel:

	$P \leqslant P_{ec}$	$P > P_{ec}$
gr.1; 2 și 4	$D_h = 10 + 4{,}15P$	$D_h = 10 + 4{,}15\,P_{ec} + 4{,}9(P - P_{ec})$
gr. 3 uzat	$D_h = 9 + 4{,}8\,P$	$D_h = 9 + 4{,}8\,P_{ec} + 6(P - 15)$
gr. 3 neuzat	$D_h = 8 + 4{,}4\,P$	$D_h = 8 + 4{,}4\,P_{ec} + 5{,}8(P - P_{ec})$
$P_{ec_1} = 40$ MW;	$P_{ec_{2,3,4}} = 20$ MW:	$P_{ec\,3\,uz} = 15$ MW.

Dacă P este în MW rezultă debitul D_h în t/h

Din ecuațiile de mai sus rezultă următoarele consumuri specifice de abur în kg/kWh.

$\%P_i$	gr. 1	gr. 2, 3, 4 neuzat	gr. 3 uzat
100	4,5	5	5,64
80	4,4	4,8	5,45
60	4,48	4,93	5,49
40	4,65	5,20	5,7
20	5,15	6,00	6,6

În centrală sînt instalate cinci cazane de abur cu un debit nominal 110 t/h fiecare.

Scanned with OKEN Scanner

Din cauza uzurii, debitul disponibil la cazanele 1,2,3,4 este de 100 t/h, iar la cazanul 5 de 78 t/h. Celelalte instalații lucrează la capacitatea nominală. Nu există condiții locale care să reducă puterea disponibilă. Într-un anumit interval cazanul 5 și grupul 2 se scot în reparații.

Să se determine:

a. Puterile P_i, P_d, P_{ed}, P_{ind}, pentru fiecare grup și pe centrală.

b. Puterile P_u, P_{cu}, P_{inu}, P_{einu}, ΔP_{rd}, ΔP_{red}.

c. Precizarea ordinii de eliminare a indisponibilităților la nivelul centralei.

Rezolvare.

a. Puterile instalate și disponibile se determină cu relații de forma:

grupul 1
$P_{i_1} = P_{imp_1} \cdot \eta_{g_1} = 52{,}08 \cdot 0{,}96 = 50$ MW
$P_{d_1} = P_{dmp_1} \cdot \eta_{g_1} = 52{,}08 \cdot 0{,}96 = 50$ MW
$S_{d_1} = 62{,}5$ MVA se consideră $\cos \varphi = 1$
Se alege puterea disponibilă cea mai mică.

grupul 2.
$P_{i_2} = P_{imp_2} \cdot \eta_{d_2} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW
$P_{d_2} = P_{dmp_2} \cdot \eta_{g_2} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW
$S_{d_2} = 24$ MVA; $P_{d_2} = S_{d_2} \cos\varphi = 24 \cdot 1 = 24$ MW
$P_{d_2} = 24$ MW

grupul 3.
$P_{i_3} = P_{imp_3} \cdot \eta_{g_3} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW
$P_{d_3} = P_{dmp_3} \cdot \eta_{g_3} = 21{,}28 \cdot 0{,}94 = 20$ MW
$S_{d_3} = 32$ MW
$P_{d_3} = 20$ MW

grupul 4
$P_{i_4} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW
$P_{d_4} = 26{,}6 \cdot 0{,}94 = 25$ MW
$S_{d_4} = 30$ MVA
$P_{d_4} = 25$ MW

Puterea indisponibilă pe grupuri se deduce astfel:

$P_{ind_1} = P_{i_1} - P_{d_1} = 0$; $P_{ind_2} = 1$; $P_{ind_3} = 5$ MW; $P_{ind_4} = 0$;

$P_{ed} = P_d$ pentru toate grupurile, întrucît nu există condiții locale care reduc puterea disponibilă.

Calculul puterii instalate și disponibile pe centrale:

$$P_{ic} = \sum_{1}^{14} P_{igc} = 50 + 3 \cdot 25 = 125 \text{ MW}.$$

Aburul necesar pentru producerea acestei puteri este:

$$D_i = \sum_{1}^{4} P_{ik} \cdot c_{sk} = 50 \cdot 4{,}5 + 3 \cdot 25 \cdot 5 = 600 \text{ t/h}$$

În realitate centrala dispune de o cantitate de abur egală cu:

$$D_d = \sum_{4}^{1} P_{dk} c'_{sk} = 50 \cdot 4{,}5 + 24 \cdot 5 + 20 \cdot 5.45 + 5 \cdot 25 = 578{,}2 \text{ t/h}$$

Din cauza strangulărilor pe partea termică se produce următoarea cantitate de abur:

$D_{dc} = 4 \cdot 100 + 78 = 478$ t/h

Scanned with OKEN Scanner

Întrucît nu există abur disponibil pe măsura cererii se va merge numai cu grupurile mai economicoase și anume:

$$D_{\text{necesar grupurilor (1+2+4)}} = 50 \cdot 4{,}5 + 5 \cdot 24 + 5 \cdot 25 = 470 \text{ t/h}$$

Pentru grupul 3 rămîne o cantitate de abur egală cu:

$$D_{3_r} = 478 - 470 = 8 \text{ t/h}$$

Se scrie caracteristica energetică a acestui grup sub forma:

$$Dh_3 = 8 + 4{,}4\,P;\ Dh_3 = 8 + 4{,}4\,P_{ec} + 5{,}8\,(P - P_{ec}).$$

Se observă că aburul disponibil D_{3_r} servește doar pentru mersul în gol. În acest context puterea disponibilă a centralei se calculează astfel:

$$P_{d_c} = 50 + 24 + 25 = 99 \text{ MW}.$$

$$P_{ind_c^*} = P_i - P_d = 125 - 99 = 26 \text{ MW}.$$

Se observă că în cazul existenței strangulărilor puterea indisponibilă pe grupuri nu este egală cu puterea indisponibilă pe centrală.

b. Pentru calculul puterii utilizabile se ține seama de elementele (grupul și cazanul) scoase în reparație și se determină cantitatea de abur pe care o dau cazanele în funcțiune.

$$D_{uc} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ t/h}$$

Grupurile în funcțiune (1 +3+4) consumă o cantitate de abur egală cu $D_{ug} = 459$ t abur/h.

$$D_{ug} = 225 + 109 + 125 = 459 \text{ t/h}$$

S-a considerat grupul 3 uzat, soluție mai dezavantajoasă față de cazul cînd toate grupurile funcționează normal. Cantitatea de abur dată de cazane nu satisface necesarul pentru grupuri deci, se descarcă grupul 3 și obținem:

$$D_{ug\,(H_4)} = 225 + 125 = 350 \text{ t/h};\ D_{g_3} = 400 - 350 = 50 \text{ t/h};$$

$$Dh_3 = 9 + 4{,}8\,P_3;\ P_3 = \frac{50 - 9}{4{,}8} = 8{,}54 \text{ MW};$$

$$P_{uc} = P_{eu} = 50 + 25 + 8{,}54 = P_{u1} + P_{u4} + P_{u3} = 83{,}54 \text{ MW};$$

$$P_{inu} = P_{einu} = P_i - P_{eu} = 125 - 83{,}54 = 41{,}46 \text{ MW};$$

$$\Delta P_{r_d} = \Delta P_{red} = P_{ed} - P_{eu} = 99 - 83{,}54 = 15{,}46 \text{ MW}.$$

c. Se elimină întîi strangulările pe partea termică și se modernizează grupul 3. În ambele cazuri se fac investiții dacă gradele de uzură depășesc limitele normate.

* * *

Considerațiile teoretice și aplicațiile au urmărit evidențierea concepției sistemice de organizare și conducere a unui sistem de producție. În această idee s-au prezentat conceptele și principalele modele ale ingineriei sistemelor și s-au scos în evidență elementele de structură ale sistemelor de producție care trebuie să se reflecte în construcția modelelor de optimizare a activității practice. Plecînd de la aceste precizări se vor construi în continuare modele matematice de conducere a sistemelor de producție în manevra cercetării operaționale astfel că prin aplicarea lor în practică eficiența utilizării resurselor să crească din punct de vedere calitativ și cantitativ.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul **2**

Modele în teoria cercetării operaționale

2.1. Considerații privind construirea structurii modelelor

Aplicarea concepției sistemice la optimizarea activității de cercetare-proiectare, construcții-montaj și exploatare-dezvoltare din cadrul unităților industriale noi sau pentru cele în funcțiune, implică elaborarea unor modele matematice care să surprindă esențialul și care să reflecte cît mai fidel realitatea supusă analizei. Pe această cale se pregătesc strategiile ca suite de decizii și se pot declanșa acțiuni care să contribuie la utilizarea rațională a resurselor alocate pentru realizarea obiectivelor.

Construirea modelelor matematice, în manieră ierarhică începînd cu nivele microindustriale și trecîndu-se apoi la nivelele macroindustriale, presupune studiul corelațiilor dintre unitățile care formează structura ansamblului cercetat. Pentru studiul unor asemenea ansambluri industriale se cer construite decizii previzionale și curente cu o structură matematică bine consolidată și cu un grad de aplicabilitate eficient din punct de vedere practic. Partea din matematica modernă care poate satisface atît aspectele teoretice cît și cele aplicative a unei decizii complexe este cercetarea operațională.

Modelele generale în teoria cercetării operaționale se pot clasifica astfel:

— modele liniare și neliniare;
— modele deterministe și probabiliste;
— modele discrete și continue;
— modele staționare și nestaționare;
— modele micro și macroindustriale.

Modele liniare operează cu relații matematice la care variabilele au exponenții egali cu unitatea. Rezolvarea unor astfel de modele se face cu ajutorul algoritmului simplex. *Modelele neliniare* operează cu relații matematice în care intervin variabile cu exponenți supraunitari. Printre algoritmii mai des folosiți în rezolvarea acestor tipuri de modele reține atenția tehnica programării dinamice. *Modelele deterministe* și *probabiliste* se construiesc atît pentru procese certe cît și pentru procese cu un înalt grad de incertitudine în desfășurarea evenimentelor. Modelele deterministe se pot deduce din cele proba-

Scanned with OKEN Scanner

biliste cînd probabilitățile de desfășurare a evenimentelor din cadrul sistemului analizat sînt egale cu unitatea.

Modelele discrete și *continue* se aplică la formalizarea matematică a proceselor în care fenomenele au o distribuție discretă (industria constructoare de mașini) respectiv au o distribuție continuă (industria energetică).

Modelele staționare cuprind evenimente descrise de variabile care nu depind de timp.

Modelele nestaționare cuprind în structura lor matematică variabile dependente de timp.

Modelele microindustriale se construiesc pentru locuri de muncă, secții de producție și pentru nivelul întreprinderii considerată sistem industrial de producție. *Modelele macroeconomice* se elaborează pentru descrierea matematică a activităților de la nivelul ramurii industriale și pentru activitatea de la nivelul economiei țării.

Modelele generale prezentate pot fi modele de *echilibru* și modele de *optimizare*.

În primul caz se formalizează matematic legătura dintre resursele disponibile și necesarul impus de consumatori. În cel de al doilea caz se urmărește optimizarea sistemică a activității plecîndu-se de la consumator și ajungîndu-se la sursă.

Aceste tipuri de modele se vor dezvolta în cele ce urmează și vor fi exemplificate cu ajutorul *modelului matematic cost-actualizat*. Acest tip de model va fi scris în diverse forme particulare în funcție de natura activității (cercetare-proiectare; construcții-montaj; exploatare-dezvoltare) și în funcție de nivelul la care se aplică (sector de producție, întreprindere, sistem energetic etc.)

De asemenea, se vor construi modele în ideea aplicării în practică a teoriilor cercetării operaționale. Pe baza acestor teorii se vor concepe modele matematice în teoria stocurilor și teoria așteptării, modele matematice în teoria echipamentelor și teoria ordonanțării producției, modele matematice în teoria ingineriei umane și în teoria căutării, modele matematice în teoria investițiilor, modele matematice în teoria prognozei și în teoria deciziei modele matematice în teoria costurilor și a ingineriei valorii. Aceste modele vor fi aplicate pe fiecare subsistem al unei întreprinderi și vor fi apoi agregate la nivelele ierarhice de conducere a sistemelor industriale în general și a sistemelor de energie în special.

Forma generală a modelului matematic cost-actualizat se poate scrie astfel:

a) *Funcția de eficiență*

$$Z_{ac}^{d(pr)} = \sum_{i=0} (1 + p_n)^{-i} [I_i + C_i + D_i] - [V_j] - R_n (1 + p_n)^{-n}. \qquad (2.1)$$

b) *Setul de restricții*

$$B_d \geqslant B_n;\ E_p \geqslant E_c;\ P_p \geqslant P_c;\ Q_p \geqslant Q_c;\ I_r \leqslant I_{pl};\ t_r \leqslant t_{pl}$$

$$\cos \varphi_r \geqslant \cos \varphi_n;\ A_v^r \geqslant A_v^{pl}. \qquad (2.2)$$

Funcția de eficiență a modelului (2.1) s-a scris pentru situația aplicabilă în practică, contopindu-se valoarea remanentă cu cea rezidual sub forma unui

singur termen (R_n). Durata totală pe care se estimează cheltuielile actualizate trebuie să se refere, în principal, atît la perioadele de studii cît și la cele de montaj a instalațiilor inclusiv exploatarea sistemului pînă în momentul dezafectării instalației.

În modelul (2.1)–(2.2) intervin următoarele mărimi:

Z_{ac} sînt cheltuielile totale actualizate pe perioada $i = (0 \dots n)$; p_n — coeficientul de eficiență economică (0,08 — 0,1); I_i; C_i — investițiile și cheltuielile prorpiu-zise inclusiv cele pentru echivalarea variantelor comparate; D_i — cheltuielile provocate de daunele tehnologice și funcționale la nivelul întregului sistem; V_i — venitul net pentru instalațiile intrate parțial în funcțiune înainte ca celelalte lucrări să fie terminate; R_n — valoarea remanenta la momentul dezafectării instplației și scoaterii ei din circuitul producției;

B_d; B_n — resursa disponibilă (B_d) și necesarul de combustibil (B_n); E_p; E_c — energia produsă (E_p) și cea consumată (E_c); P_p; P_c — puterea produsă (P_p) și cea consumată (P_c); Q_p; Q_c — căldura produsă (Q_p) și cea consumată (Q_c); I_r; I_{pl} — investiția realizată (I_r) și cea planificată (I_{pl}); tr; tpl — timpul realizat (t_r) și cel planificat (tpl). pentru lucrările de proiectare și montaj; cos φ_r; cos φ_n — factorul de putere realizat (r) și cel neutral (n); A_v^r; A_v^{pl} — aportul de valută realizat (r) și planificat (pl).

Pentru transformarea formei generale a modelului (2.1) se scriu mărimile din structura sa sub următoarele forme:

$$I_i = i_{sp} P_i; \quad C_i = p_n^e \cdot t_f \cdot P_i; \quad D_c = p_c^{en} t_f k_p \cdot P_i \cdot k_f$$
$$V_i = p_c^e t_f \cdot K_{intg} \cdot P_i; \quad R_n = i_{sp} \cdot P_i (1 - p_{am} \cdot n); P_p = k_i P_i. \quad (2.3)$$

Dacă se înlocuiesc mărimile din (2.3) în (2.1) se obține funcția de eficiență (Z_{ac}) sub forma:

$$Z_{ac}^{d(pr)} = \sum_{i=0}^{n} (1 + p_n)^{-i} [i_{sp} P_i + p_c^e t_{fi} \cdot P_i + p_c^{en} t_{fi} \cdot K_{intg} \cdot P_i -$$
$$- p_c^e t_{fi} K_{intg} \cdot P_i] - [i_{sp} \cdot P_i (1 - p_{am} \cdot n)(1 + p_n)^{-n}] = \text{minim} \quad (2.4)$$

În relațiile (2.3) și (2.4) intervin următoarele mărimi:

i_{sp} este investiția specifică; P_i — puterea instalată; p_c^e — costul energiei; t_{fi} — timpul de funcționare al instalațiilor; t_f — durata întreruperilor provocate de avarierea instalațiilor; p_c^{en} — costul energiei nelivrate; K_{intg} — indicele integral de folosire al instalației în funcțiuen; p_{am} — coeficientul de amortizare al instalației; n — durata de calcul; k_f — coeficientul de formă al curbei de sarcină; K_p — coeficientul de pierderi; k_i — indice intensiv de utilizare a capacității de producție.]

Pentru a scoate în evidență variabila din cadrul funcției de eficiență (Z_{ac}) se scrie expresia (2.4) sub forma următoare:

$$Z_{ac}^{d(pr)} = \sum_{i=0}^{n} (1 + p_n)^{-i} [i_{sp} + p_c^e t_{fi} + p_c^{en} t_{fi} -$$
$$- p_c^e t_f K_{intg}] \frac{1}{k_i} P_p - [i_{sp} (1 - p_{am} n)(1 + p_n)^{-n})] \frac{1}{k_i} P_p = \text{minim}. \quad (2.5)$$

Caracterul probabilist al acestei funcții este dictat de caracterul puterii cerute la diverse momente de funcționare a sistemului la care este racordat obiectivul energetic studiat. Dacă probabilitatea cererii este egal cu unitatea atunci funcția (2.5) capătă caracter determinist.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se face apel la teoriile cercetării operaționale atunci funcția de eficiență a modelului matematic cost-actualizat se poate scrie astfel:

$$Z_{act} = Z^{sa}_{act} + Z^{eo}_{act} + Z^{icd}_{act} + Z^{prg}_{ac} + Z^{ed}_{act} = \text{minim} \tag{2.6}$$

— Funcția de eficiență a modelelor matematice în teoria stocurilor și în teoria așteptării se poate scrie astfel:

$$Z^{sa}_{act} = (I_{act} + C_{act} + D_{act} - V_{act} - R_{act})^{sa} = \text{minim}. \tag{2.7}$$

— Funcția de eficiență a modelelor matematice în teoria echipamentelor și în teoria ordonanțării se poate scire su forma:

$$Z^{eo}_{act} = (I_{act} + C_{act} + D_{act} - V_{act} - R_{act})^{eo} = \text{minim}. \tag{2.8}$$

— Funcțiile de eficiență ale modelelor matematice în ingineria umană (Z^{ic}_{act}) în teoria prognozei (Z^{prg}_{act}) și în teoria deciziei (Z^{da}_{act}) se pot scrie sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} Z^{ice}_{acd} &= (I_{act} + C_{act} + D_{act} - V_{act} - R_{act})^{icd} = \text{minim}; \\ Z^{prg}_{act} &= (I_{act} + C_{act} + D_{act} - V_{act} - R_{act})^{prg} = \text{minim}; \\ Z^{dd}_{act} &= I_{act} + C_{act} + D_{act} - V_{act} - R_{act})^{dd} = \text{minim} \end{aligned}\right\} \tag{2.9}$$

Restricțiile au forme specifice la nivelul fiecărui domeniu de lucru și se referă atît la aspectele tehnologice-organizatorice ale instalațiilor, cît și la aspectele funcționale dictate de starea în care se găsește sistemul și de direcția către care dorim să-l îndreptăm prin acțiunea de optimizare.

În relațiile (2.7)(2.8)(2.9) intervin următoarele mărimi:

I^{sa}_{act}; C^{sa}_{act} sînt investițiile și cheltuielile pentru stocare și așteptare; I^{eo}_{act}; C^{eo}_{act} — investițiile și cheltuielile pentru echipamente și pentru ordonanțare; I^{icd}_{act}; C^{icd}_{act} — investiițiile și cheltuielile pentru ingineria umană și pentru aplicarea teoria căutării; I^{prg}_{act}; C^{prg}_{act} — investițiile si cheltuielile pentru prognoză; I^{da}_{act}; C^{dd}_{act} — investițiile și cheltuielile pentru decizie, inclusiv alte categorii de activități (generale, diverse, neprevăzute, etc.); D^{sa}_{act}; D^{eo}_{act}; D^{icd}_{act}; D^{prg}_{act}; D^{dd}_{act} — cheltuielile cu daunele în cazul aplicării teoriilor ercetăi opriaționaerle la optimizarea activității sistemelor inuustriale; V^{sa}_{act}; V^{eo}_{act}; V^{icd}_{act}; V^{prg}_{act}; V^{db}_{act} — veniturile nete pentru instalațiile intrate în funcțiune înainte de terminarea lucrărilir; R_{act} — valoarea remanentă actualizată la momentul dezafectării instalațiilor.

Modelele matematice neliniare utilizate la optimizarea conducerii sistemelor industriale operează cu funcții de eficiență de forma pătratică, hiperbolică, concavă, convexă și de formă oarecare. Pentru rezolvarea unor asemenea programe se utilizează algoritmele: Simplex, Theil-Van de Panne și Wolfe în cazul funcțiilor de forme pătratice și algoritmii Kelley și Frank-Wolfe pentru funcții de formă convexă.

Dacă variabilele din modelele liniare și neliniare adecvate optimizării conducerii sistemelor industriale variază în timp, atunci modelele au caracter dinamic (de scurtă sau lungă durată în timp). Modelele dinamice se rezolvă cu ajutorul programării secvențiale conform principiului optimalității Bellman. Orice model dinamic comportă variabile de stare care descriu evoluția sistemului și variabile de decizie cre modifică starea sistemului într-o strategie dată.

Scanned with OKEN Scanner

Strategiile de evoluție a sistemului industrial în timp se elaborează pentru orizont finit (număr de etape limitat) și pentru orizont infinit (număr de etape nelimitat). Numărul de etape de evoluție a sistemului corespunde numărului de variabile de decizie. Îmbunătățirea unei soluții de bază pentru conducerea sistemelor industriale, se poate realiza cu ajutorul algoritmelor de tip Branch and Bound, Bellman-Kalaba etc, care înlesnesc apropierea soluție de varianta optimă.

Modelele matematice liniare și neliniare care au coeficienți variabili cu caracter aleator sînt modele stochastice.

Problemele de decizie în programarea stochastică constau în alegerea soluției optime din mai multe variante posibile funcție de un anumit punct de vedere. Asemenea probleme de decizie pot fi cu soluții permanent admisibile și nepermanent admisibile. În primul caz decizia verifică restricțiile problemei pentru toate realizările variabilelor aleatorii, iar în cazul al doilea verificarea se face cu o anumită probabilitate cunoscută. Dacă restricțiile nu se verifică atunci se introduc în funcția de eficiență penalizări deci se operează cu funcții de penalizare sau funcții de pierderi. Cînd probabilitatea care verifică restricțiile duce la o valoarre minimă a funcției de eficiență atunci se formulează probleme de risc minim. Programele stochastice pot fi de tip E cînd se minimizea costul, de tip V cînd se minimizează dispersia și de tip P cînd se minimizează riscul.

Totalitatea metodelor cercetării operaționale pentru satisfacerea constituirii și menținerii în funcțiune a sistemelor industriale face parte din știința organizării denumită de unii autori *teinologie*, iar de alții *praxiologie*. Această disciplină cu diverse denumiri se încadrează organic în știința conducerii întrucît urmărește organizarea rațională a factorilor care conduc la realizarea obiectivelor astfel ca cerințele optimizării să fie pe deplin satisfăcute. Aceste elemente apropie cercetarea operațională de scopul ingineriei sistemelor privind cercetarea-proiectarea, montajul și exploatarea-dezvoltarea optimală a sistemelor industriale cu o structură oarecare. Optimizarea urmărește gospodărirea rațională a resurselor de orice fel, fie pe calea obținerii efectului maxim, fie pe calea cheltuielilor minime. Cheltuiala neoptimă a resurselor se numește risipă. Risipa se poate penaliza cu ajutorul funcțiilor de pierderi și astfel se pot ocoli căile de folosire nerațională a resurselor.

Modelul matematic de tip cost — actualizat simplificat, sub forma criteriului cheltuielilor de calcul se poate scrie astfel:

$$Z_{tc}^{d(pr)} = C_{tc}^{d(pr)} + p_n I_{tc}^{d(pr)} = [p_c^e t_f + p_n i_{sp}] \frac{1}{k_i} P_p = \text{minim} \qquad (2.10)$$

Restricțiile tehnologice și funcționale sînt redate de relațiile (2.2) care pot lua diverse forme în funcție de tipul și structura sistemului cercetat.

Modelul matematic (2.10) se poate scrie sub formă deterministă (Z_{tc}^{d}) fie sub formă probabilistă (Z_{tc}^{pr}). Este știut că modelul matematic determinist este un caz limită al modelului matematic probabilist. Probabilitățile utilizate pentru desfășurarea evenimentelor din cadrul unui sistem industrial se calculează pentru structuri continue (centrale electrice), pentru structuri discrete (întreprinderile industriale de producție din ramura construcțiilor de mașini) și pentru structuri hibride (întreprinderi de electrocentrale în care funcționează și secții de reparare a utilajului).

Scanned with OKEN Scanner

Optimizarea conducerii unui sistem industrial se poate realiza cu ajutorul indicatorilor sintetici cantitativi și calitativi exprimați în unități valorice sau în unități naturale.

Criteriul (Z_{tc}) este un indicator cantitativ exprimat în unități valorice (lei/an). Aspectele calitative ale activității din cadrul unui sistem industrial trebuie reflectate în restricții. Astfel calitatea producției de energie electrică și termică, se reflectă în setul de restricții ale modelului (Z_{tc}) prin următoarele condiții: alimentarea continuă a consumatorilor și păstrarea constantă a parametrilor producției (frecvența și tensiunea constantă pentru energie electrică, apoi presiunea și temperatura constantă pentru energie termică).

Cheltuielile de producție (explcatarea capacităților de producție, $C_{tc}^{(d)pr}$) și *investițiile* ($I_{tc}^{(d)pr}$) au următoarea structură:

$$\left.\begin{aligned} C_{tc}^{d(pr)} &= C_{sl+c}^{d(pr)} + C_{as}^{d(pr)} + C_{ep}^{d(pr)} + C_{ord}^{d(pr)} + C_{im}^{d)pr)} + C_{eh}^{d(pr)} + C_{div}^{d(pr)} + C_{dd}^{d(pr)}; \\ I_{tc}^{d(pr)} &= I_{sl+c}^{d(pr)} + I_{as}^{d(pr)} + I_{ep}^{d(pr)} + I_{ord}^{d(pr)} + I_{im}^{d(pr)} + I_{eh}^{d(pr)} + I_{div}^{d(pr)} + I_{dd}^{d(pr)}. \end{aligned}\right\} \quad (2.11$$

Atît cheltuielile de producție cît și investițiile se pot scrie pentru cele trei faze (cercetare-proiectare, construcții-montaj, exploatare-dezvoltare) prin care trece sistemul industrial de la conceperea la casarea instalațiilor și anume:

$$C_{tc}^{d(pr)} = C_{cp}^{d(pr)} + C_{cm}^{d(pr)} + C_{ed}^{a(pr)}; \quad I_{tc}^{d(pr)} = I_{cp}^{d(pr)} + I_{em}^{d(pr)} + I_{ed}^{d(pr)}. \quad (2.12)$$

Cheltuielile și investițiile totale ($C_{tc}^{d(pr)}$; $I_{tc}^{d(pr)}$) se compun din: cheltuieli și investiții cu combustibilul plus cele cu stocarea ($C_{rt+c}^{d(pr)}$; $I_{rt+c}^{d(pr)}$); cheltuieli și investiții cu așteptarea ($C_{os}^{d(pr)}$; $I_{as}^{d(pr)}$); cheltuieli și investiții pentru echipamente ($C_{ep}^{d(pr)}$; $I_{ep}^{d(pr)}$) inclusiv întreținerea instalațiilor și siguranța lor în funcționare; cheltuieli și investiții pentru ingineria umană ($C_{im}^{d(pr)}$; $I_{im}^{d(pr)}$); cheltuieli și investiții pentru echivalarea variantelor de construire a unor obiective ($C_{eh}^{d(pr)}$; $I_{eh}^{d(pr)}$); cheltuieli și investiții diverse ($C_{div}^{d(pr)}$; $I_{eh}^{d(pr)}$) și cheltuieli și investiții cu prccesul de decizie ($C_{dd}^{d(pr)}$; $I_{dd}^{d(pr)}$) inclusiv costul calculatoarelor.

Coeficientul de eficiență economică $\left(p_n = \frac{1}{t_{rn}}\right)$ se calculează pe baza inversării valorii termenului de recuperare a investițiilor. Întrucît modelele matematice deterministe rezultă drept cazuri limită a modelelor probabilistice cînd probabilitățile au valoarea unu, în cele ce urmează se vor scrie cheltuielile și investițiile din relația (2.10) sub formă probabilistă atît pentru sisteme industriale cu structura discretă cît și pentru sisteme industriale cu structura continuă. Pe baza acesto două categorii de modele se pot concepe și scrie, fără dificultăți, modele matematice pentru optimizarea sistemelor industriale cu structura hibridă.

● *Modelele matematice probabiliste cu care operează teoria structurilor* se pot scrie sub forma:

$$Z_{sa}^{(pr} = t_s\left[c_{c+s}\sum_{c=0}^{s}(B - 0{,}5\,c)\,p(c) + c_{c+s}\sum_{c=s+1}^{\infty}\frac{\Delta B^2}{2c}p(c)\right] + \\ + c_p t_p\left[\sum_{c=s+1}^{\infty}\frac{(c-B)}{2c}|p(c)\right] + p_n \cdot p_{is} i_{rp}^{sp} \cdot B^{pr}. \quad (2.13)$$

Restricțiile se referă la cantitatea și calitatea resurselor, la timpul în care se face aprovizionarea, la asigurarea nivelelor de stocuri și la procurarea continuă a materialelor deficitare. Funcția de eficiență (2.13) se poate scrie pentru structurile continue ale sistemelor industriale astfel:

$$Z_{sic}^{(pr)} = c^s \left\{ \int_0^B \left[B - \frac{c(t)}{2} \right] p[c(t)\, \mathrm{d}c(t) + \int_{\Delta B}^{\infty} \frac{\Delta B^2}{2c(t)} p[c(t)]\, \mathrm{d}c(t) \right\} +$$

$$+ c_p \left\{ \int_0^{\infty} \frac{[c(t) - B]^2}{2c(t)} p[c(t)]\, \mathrm{d}c(t) \right\} + p_n p_{ts} i_{sp}^{st} B. \qquad (2.14)$$

În modelele (2.13)(2.14) intervin următoarele mărimi: t_s este timpul de stocare a resurselor în depozite; t_p — timpul penuriei stocului din depozit; C_{c+s}; C_p — costurile specifice pentru combustibil plus stocare (C_{c+s}) și costul penuriei (C_p); B, c — stocul (B) și cererea (c) de resurse; $p(c)$ — probabilitatea cererii; p_n — coeficientul de eficiență economică; p_{ts} — probabilitatea de realizare a investițiilor (I_{st}) la nivelul asigurării stocurilor; $Z_{st}^{(pr)}$ — cheltuielile anuale probabiliste pentru sisteme industriale cu structură discretă (d) și continuă (c) al cărui minim permite determinarea cantității optime de resurse (B) necesare funcționării sistemului analizat.

- *Modelele matematice probabiliste privind așteptarea* se scriu astfel:

$$Z_{ad}^{(pr)} = \left\{ t_a \left[K_1 \sum_{n=s+1}^{m} (n - S)\, p(n) + K_2 \sum_{n=0}^{s} [(S - n)\, p(n) \right] + \right.$$

$$\left. + p_n p_{ta} I_{as}^{d} \right\} = [C_{aș}(S) + p_n p_{ai} i_{sp}^{s}(S)]. \qquad (2.15)$$

Restricțiile se referă la minimizarea timpului de așteptare (t_a), la asigurarea continuității în funcționare a stațiilor (S) care deservesc numărul unităților (n) în așteptare precum și la diminuarea golurilor de producție din lipsa clienților care trebuie deserviți. La aceste restricții generale se mai adaugă restricțiile legate de priorități, cele legate de calificarea forței de muncă și restricțiile impuse de regimurile tehnologice ale capacității stațiilor de deservire în timp a clienților. Funcția de eficiență (2.15) se poate scrie pentru sisteme cu structura continuă sub forma:

$$Z_{ac}^{(pr)} = \left\{ K_1 \int_{n=S}^{m} [n(t) - S]\, p[n(t)]\, \mathrm{d}n(t) + K_2 \int_{n=0}^{S} [S - n(t)]\, p[n(t)]\, \mathrm{d}n(t) + \right.$$

$$\left. + p_n p_{ta} I_{aș}^{c} \right\}. \qquad (2.16)$$

În relațiile (2.15) și (2.16) mărimile au următoarea semnificație: K_1, K_2 sînt costurile unitare ale așteptării unităților (n) respectiv, a stației de deservire (S); n — numărul unităților care așteaptă să fie deservite; m — numărul unităților din sistem formate din unitățile care așteaptă (n) și din cele care sînt în curs de deservire; $p[n(t)]$ — probabilitatea de așteptare a unităților (n) în sistem; p_{ta} — probabilitatea de realizare a investițiilor ($I_{aș}$) ocazionate de reglementarea fenomenelor de așteptare. Minimizarea cheltuielilor cu așteptarea permite determinarea numărului optim de stații (S) pentru deservire.

Scanned with OKEN Scanner

● *Modelele matematice cu care operează teoria echipamentelor* se pot scrie astfel:

$$Z_{ea}^{(pr)} = \left\{ \sum_i C_{ai} p_{ai} + \sum_i \sum_j C_{ij} p_{ij} + \sum_i \sum_j C_{iv} p_{vj} - \right.$$
$$\left. - \sum_i V_{ri} p_i + p_n \sum_i I_i p_{ri} \right\}. \qquad (2.17)$$

Restricțiile se referă la: asigurarea unui echipament de calitate și în cantitatea necesară; susținerea ritmului de menținere a utilajului în exploatare prin achiziții de noi utilaje și piese de schimb, asigurarea unui regim rațional de funcționare astfel ca uzura echipamentului să fie în limite normate. Funcția de eficiență (2.17) se poate scrie pentru sisteme cu structura continuă sub forma:

$$Z_{ec}^{(pr)} = \left[\int_{t_0}^{t_1} C_{ai} p_{ai}(t)\, \mathrm{d}p_{ai}(t) + \int_{t_2}^{t_3} C_{ij} p_{ij}(t)\, \mathrm{d}p_{ij}(t) + \int_{t_4}^{t_5} C_{vj} p_{vj}(t)\, \mathrm{d}p_{vj}(t) - \right.$$
$$\left. - \int_{t_6}^{t_7} V_{ri}(t)\, p_i(t)\, \mathrm{d}p_i(t) + p_n \int_{t_8}^{t_9} I_i(t)\, p_{ri}(t)\, \mathrm{d}p_{ri}(t) \right]. \qquad (2.18)$$

În relațiile (2.17)(2.18) intervin mărimi cu următoarea seminificație: C_{ai} sînt cheltuielile de achiziții de noi utilaje; $P_{ai}(t)$ — probabilitatea realizării acestor cheltuieli pe perioada (t); C_{ij} — cheltuieli de întreținere, reparare și amortizare a utilajului în timpul (t); $p_{ij}(t)$ — probabilitatea realizării acestor cheltuieli; C_{vj} — cheltuielile pentru întreținerea avariilor și daunelor la nivelul furnizorului de utilaje și produse, cît și la nivelul beneficiarului; p_{vj} — probabilitatea realizării cheltuielilor (C_{vj}); p_{ri} — probabilitatea de realizare a investițiilor (I_i) pentru instalații de asigurare a funcționării (reparații și întreținere) și înlocuirea utilajelor avariate cu subansamble noi; V_{ri} — valoarea rămasă după dezafectarea utilajului (i); p_i — probabilitatea realizării acestei valori.

Minimizarea cheltuielilor cu teoria echipamentelor permite calculul siguranței în funcție de puterea consumatorilor.

● *Modelele matematice ale ordonanțării fabricației* se pot scrie pentru sisteme cu structura discretă sub următoarea formă:

$$Z_{0a}^{(pr)} = \left\{ \sum_{t=1}^{p} f[x(t)]\, p[x(t)] + c_s \sum_{t=1}^{p} [P(t) - c(t) + s(0)]\, p[c(t)] + \right.$$
$$\left. + c_p \sum_{t=1}^{p} [c(t) - P(t) + s(0)]\, p[c(t)] + p_n p_{ord} I_{ord}^{d} \right\}. \qquad (2.19)$$

Restricțiile se referă la succesiunea operațiilor în funcție de diverse grade de prioritate, la neinterferența lucrărilor și la utilizarea integrală a capacității de producție în privința gradului de încărcare a utilajului și a timpului de folosire a instalațiilor. Funcția de eficiență (2.19) se poate scrie pentru sisteme cu structura continuă sub forma:

$$Z_{0c}^{(pr)} = \left\{ \int_0^T f[x(t)]\, p[x(t)]\, \mathrm{d}x(t) + c_s \int_a^b [P(t) - c(t) + s(0)]\, p[c(t)]\, \mathrm{d}c(t) + \right.$$
$$\left. + c_p \int_c^d [c(t) - P(t) - s(0)]\, p[c(t)]\, \mathrm{d}c(t) + p_n p_{ord} I_{ord}^{c} \right\}. \qquad (2.20)$$

Scanned with OKEN Scanner

Mărimile din relațiile (2.19) (2.20) au următoarea semnificație: $f[x(t)]$ este funcția de producție; $p\,[x(t)]$ — probabilitatea realizării evenimentelor $[x(t)]$ în timpul ordonanțării (t); c_s — costul depozitării resurselor $[P(t) - c(t) + s(0)]$; $p[c(t)]$ — probabilitatea realizării cererii de materiale $[c(t)]$; c_p — costul întreruperii alimentării cu resurse a locurilor de producție; $P(t)$ — producția de resurse; $c(t)$ — consumul de resurse; $s(o)$ — stocul inițial de resurse; p — numărul etapelor pe care se face calculul, iar (a,b,c,d) reprezintă limitele la care se referă stocajul de resurse și respectiv întreruperea aprovizionării producției cu materiale din cauza lipsei lor din stoc.

Prin minimizarea cheltuielilor (Z_0^{pr}) se determină corelația optimă între puterea cerută la consumator și cea dată de sursă.

● *Modelele matematice ale ingineriei umane* pentru sisteme industriale cu structura discretă și/sau continuă se referă la cheltuielile și investițiile probabiliste pe care le ocazionează recrutarea, calificarea și promovarea cadrelor ținînd seama de condițiile ergonomice ale fiecărui loc reprezentativ de lucru.

$$Z_{im_d}^{(pr)} = C_{im}^{(pr)} + p_n I_{im}^{(pr)} = \left[\sum_{l=1}^{12} r_l p_l \sum_g \sum_b n_{gb} \cdot X_{gb} p_{gb} + p_n p_{im} I_{im}^{(pr)}\right]. \quad (2.21)$$

Restricțiile se referă la „calitatea și cantitatea cadrelor necesare executării unui volum real de muncă; timpul de muncă să fie integral folosit în condițiile creșterii productivității, cheltuielile cu retribuirea muncii să nu depășească fondul de retribuire stabilit inițial; indicii producției, ai fondului de retribuire, ai productivității muncii, ai creșterii numărului de lucrători și creșterii retribuției lunare medii să se coreleze la nivelul impus. Pentru structurile continue relația (2.21) capătă următoarea formulă:

$$Z_{im_c}^{(pr)} = \left[\int_{t_0}^{t_1} r_l(t)\,dt \int_g \int_b n_{gb} X_{gb} p_{gb}(t) \cdot dt + p_n p_{im} I_{im}^{(pr)}\right]. \quad (2.22)$$

Mărimile din modelele (2.21) (2.22) au următoarea semnificație: r_l este retribuția lunară; n_{gb} — normele de muncă pentru profesia (g) și sectorul (b); $p_{gb}(t)$ — probabilitatea realizării numărului de lucrători (X_{gb}) în timpul (t); p_{im} — probabilitatea realizării investițiilor (I_{im}) pentru asigurarea condițiilor materiale de recrutare, pregătire și promovare a cadrelor.

Minimizarea cheltuielilor (Z_{im_d}) duce la determinarea numărului de personal pentru executarea programului de lucru în condiții optime.

● *Modelele matematice pentru echivalarea soluțiilor pentru activități diverse și pentru decizii* se pot scrie sub forma:

$$Z_{eh}^{(pr)} = C_{eh}^{(pr)} + p_n I_{eh}^{(pr)}\ [\text{lei/an}]; \quad Z_{div}^{(pr)} = C_{div}^{(pr)} + p_n I_{div}\ [\text{lei/an}];$$
$$Z_{dd}^{(pr)} = C_{dd}^{(pr)} + p_n I_{dd}^{(pr)}\ [\text{lei/an}]. \quad (2.23)$$

Cheltuielile și investițiile de echivalare se calculează cu următoarele relații:

$$\left.\begin{aligned} C_{eh}^{(pr)} &= p_c^p[P_i^{(pr)} - P_k^{(pr)}] = p_c^p[P_i p_{rp}^i - P_k p_{rp}^k]; \\ I_{eh}^{(pr)} &= i_{sp}[C_p^k p_p^k - C_p^i p_p^i]. \end{aligned}\right\} \quad (2.24)$$

Producțiile $(P_i;\ P_k)$, capacitățile de producție $(C_p^i;\ C_p^k)$ și probabilitățile de realizare a acestor mărimi se pot scrie atît pentru structurile continue cît și pentru structurile discrete ale sistemelor industriale. Pentru echivalarea variantelor de realizare a sistemelor industriale se calculează mărimile: $C_{eh}^{(pr)}$; $I_{eh}^{(pr)}$ și se adaugă cheltuielile $C_{eh}^{(pr)}$ la varianta (k) a cărei producție este mai

Scanned with OKEN Scanner

mică decît în varianta (*i*) ($P_k < P_i$), iar investițiile $I_{eh}^{(pr)}$ se adună la varianta care are cea mai mică capacitate de producție ($C_p^i < C_p^k$); p_p^k, p_p^i, p_{rp}^k, p_{rp}^i stat probabilitățile de realizare a mărimilor aferente.

În relația (2.24) mai intervin: p_c^p — costul specific al producției; i_{sp} — investiția specifică pe unitatea de capacitate.

Cheltuielile și investițiile diverse se referă la toate categoriile de activități care nu au putut fi prinse în relațiile (2.23) și (2.24). Aceste activități se referă la amplasarea obiectivelor industriale, la poluarea mediului înconjurător, la reglajul parametrilor instalațiilor, la evaluarea pierderilor și la diverse acțiuni specifice ale sistemelor industriale speciale (compensarea factorului de putere, studiul influenței liniilor electrice asupra circuitelor învecinate de telecomunicație, tarifarea energiei etc). Cheltuielile și investițiile pentru decizii se referă la pregătirea decidenților și la achiziția calculatoarelor necesare construirii unui proces de decizie integrat.

● *Modelul matematic general* se obține însumînd mărimile date de relațiile (2.13) și (2.23) după cum urmează:

$$Z_{ic}^{(pr)} = Z_s^{(pr)} + Z_a^{(pr)} + Z_e^{(pr)} + Z_0^{(pr)} + Z_{im}^{(pr)} + Z_{eh}^{(pr)} + \\ + Z_{dnp}^{pr} + Z_{pr}^{(pr)} + Z_{dd}^{(pr)} = \text{minim.} \qquad (2.25)$$

Restricțiile tehnologice și funcționale ale sistemului industrial supus optimizării se formulează pentru fiecare gen de activitate.

Probabilitățile cele mai des utilizate în diverse calcule practice de optimizare a sistemelor industriale sînt următoarele: repartiția uniformă; repartiția normală; repartiția lognormală; repartiția Weibull; repartiția gama; repartiția exponențială; repartiția beta; repartiția Student și repartiția Fischer sînt repartiții continue, pe cînd repartițiile binomială, hipergeometrică, Poisson, Pascal și geometrică sînt repartiții discrete. Expresiile de calcul ale repartițiilor continue și discrete se pun urmări în tabelele 6 și 7.

Tabelul 6

Funcții de repartiție continue

Nr. crt.	Denumirea funcție	Densitatea de repartiție	Speranța matematică	Dispersia
1.	Repartiția uniformă (a, b)	$f(x) = \frac{1}{b-a}$	$0{,}5(a+b)$	$\frac{1}{12}(a-b)^2$
2.	Repartiția normală $(-\infty, +\infty)$	$f(x) = \frac{e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$	a	σ^2
3.	Repartiția lognormală $(0, +\infty)$	$f(x) = \frac{1}{x\sigma} \cdot \frac{e^{-\frac{\log(x-a)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}}$	$e^{\frac{2a+\sigma^2}{2}}$	$e^{2a+\sigma^2(e^{\sigma^2}-1)}$
4.	Repartiția Weibull $(0, +\infty)$	$f(x) = (\alpha c x^{\alpha-1} - e^{-cx^{\alpha}})$	$\frac{f\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)}{\frac{1}{\alpha}}$	$\frac{f\left(1+\frac{2}{\alpha}\right) - f^2\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)}{2e^{-\alpha}}$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6 (continuare)

Nr. crt.	Denumirea funcției	Densitatea de repartiție	Speranța matematică	Dispersia
5.	Repartiția Gama	$f(x) = \frac{x}{f(\alpha)} \cdot \frac{x^{\alpha-1}}{e^{\beta x}}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$\frac{\alpha}{\beta^2}$
6.	Repartiția exponențială $(0, +\infty)$	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda^2}$
7.	Repartiția Beta	$f(x) = x^{\alpha-1}(1-x)^{b-1}$	$\frac{a}{a+b}$	$\frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)}$
8.	Repartiția Student	$f(x) = \frac{(1+0{,}5x^2)^{-\frac{n+1}{2}}}{\left[2^{0,5(n-1)} f\left(\frac{n}{2}\right)\sqrt{2\pi n}\right]}$	0	$\frac{2}{n-4}$

Tabelul 7

Funcții de repartiție discrete

Nr. crt.	Denumirea funcției	Probabilitatea	Valoarea medie	Dispersia
1.	Repartiția Poisson	$\sum_{m=r}^{\infty} \frac{\lambda^m e^{-\lambda}}{m!}$	—	λ
2.	Repartiția Poisson complementară	$1 - \sum_{m=r}^{\infty} \frac{\lambda^m e^{-\lambda}}{m!}$	$1-\lambda$	$1-\lambda$
3.	Repartiția binominală (Bernoulli)	$\sum_{m=0}^{1} C_M^m p^m q^{n-m}$	np	npq
4.	Repartiția binominală complementară	$1 - \sum_{m=0}^{1} C_M^m p^m q^{n-m}$	$1-np$	$1-npq$
5.	Repartiția Pascal	$\frac{n!}{m!(n-m)!} p^r q^{n-m}$	r/p	q^r/p^2
6.	Repartiția geometrică	pq^{m-1}	$1/p$	q/p^2
7.	Repartiția hipergeometrică	$\frac{C_M^m C_{N-M}^{n-m}}{C_N^n}$	$n\frac{M}{N}$	$\frac{M(N-M)(N-n)n}{N^2(N-1)}$

Mărimile din relațiile tabelelor 6 și 7, au următoarea seminificație: m — numărul experiențelor; p — probabilitatea; $q = 1 - p$; N — numărul obiectelor supuse experienței; M — numărul obiectelor cu anumită probabilitate.

Aceste relații respectă legea numerelor mari, conform căreia un eveniment supus la (m) încercări, se poate reproduce de (n) ori, deci are o frecvență $f_m = \frac{n}{m}$, ce tinde spre probabilitatea evenimentului studiat.

Scanned with OKEN Scanner

Funcția de eficiență (2.25) poate fi scrisă pe diverse faze de constituire a unui sistem industrial și anume pentru cercetare-proiectare (Z_{cp}), pentru construcții-montaj (Z_{cm}) și pentru exploatare-dezvoltare (Z_{ed});

$$Z_i^{(pr)} = Z_{cp}^{(pr)} + Z_{cm}^{(pr)} + Z_{ed}^{(pr)} = [C_{cp}^{(pr)} + C_{cm}^{(pr)} + C_{ed}^{(pr)} + p_n(I_{cp}^{(pr)} + I_{cm}^{(pr)} + I_{cd}^{(pr)})] = \text{minim}. \quad (2.26)$$

— *În faza de cercetare-proiectare* a unui sistem industrial se elaborează documentația tehnico-economică și proiectul de execuție. Documentația tehnico-economică cuprinde probleme legate de amplasarea obiectivelor, de combaterea poluării mediului, de alimentarea cu apă și resurse a sistemului, de reglajul parametrilor pentru asigurarea calității producției, de achiziția utilajului, de legarea sistemului furnizor de consumator pe drumurile cele mai avantajoase etc.

— *În faza de construcții-montaj* accentul se pune pe organizarea rațională a lucrului la nivelul întregului șantier, pe extinderea metodelor moderne de montaj (drum critic, PERT etc.), pe reducerea timpului și a costului de montaj și pe capacitatea lucrărilor inclusiv probele tehnologice.

— *În faza de exploatare-dezvoltare* se pune accentul pe realizarea unei producții de calitate la volumul cerut în condiții de utilizare optimală a resurselor materiale și umane.

Dezvoltarea sistemului industrial trebuie să se refere atît la introducerea procedeelor noi de fabricație și a produselor noi, cît și la achiziția de noi utilaje de producție, în vederea măririi capacității de producție a sistemului analizat.

Sisteme de energie. Realizarea unui obiectiv industrial cu specific energetic (sistem industrial cu structura continuă) presupune construirea unei centrale electrice, a liniilor de transport și distribuție și asigurarea unor consumatori de energie electrică și termică. Pentru întregul lanț tehnologic de producere-transport și consum de energie, cheltuielile și investițiile trebuie să aibă cea mai mică valoare în cazul variantei optime. Valoarea lucrărilor se poate micșora prin reducerea timpului de proiectare-montaj al instalațiilor cu ajutorul metodei drumului critic. În acest scop se vor scrie cheltuielile și investițiile pentru amplasarea obiectivului energetic (centrala și liniile electrice), pentru dimensionarea secțiunii conductoarelor electrice, pentru montarea instalațiilor și se vor scoate în evidență celelalte categorii de cheltuieli și investiții ocazionate de construirea unui sistem industrial cu structură continuă.

Modelul matematic compus dintr-o funcție de eficiență și un set de restricții tehnologice și funcționale aferent unui obiectiv energetic, se poate scrie astfel:

— Cheltuielile și investițiile *la nivelul cercetării și proiectării* sistemului:

$$Z_{cp}^{pr} = Z_{ut}^{cp} + Z_{is}^{cp} + Z_{ap}^{cp} + Z_{pa}^{cp} + Z_{\Delta e+\Delta p}^{cp} + Z_{im}^{cp} + Z_{eh}^{cp} + Z_{dnp}^{cp} = p_c^{cp} \cdot t_{cp}^{prc} = \text{minim}; \quad (2.27)$$

— Cheltuielile și investițiile *la nivelul montajului*:

$$Z^{pr}_{cm} = Z^{cm}_{ast} + Z^{cm}_{rob} + Z^{cm}_{im} + Z^{cm}_{dnp} + Z^{cm}_{plh} = p^{cm}_{c} \cdot t^{rob}_{cm} = \text{minim}; \qquad (2.28)$$

— Cheltuielile și investițiile *la nivelul exploatării-dezvoltării sistemului*:

$$Z^{pr}_{exd} = Z^{exd}_{cc} + Z^{exd}_{as} + Z^{exd}_{e} + Z^{exd}_{0} + Z^{exd}_{im} + Z^{exd}_{cfc} + Z^{exd}_{cos\,\varphi} + \\ + Z^{exd}_{pr} + Z^{exd}_{spc} + Z^{exd}_{dnp} = \text{minim}. \qquad (2.29)$$

Restricțiile modelului de constituire a unui sistem industrial cu structură continuă (centrala-linie electrică-cosumator) se scriu sub forma:

$$\left.\begin{array}{l} E^{v}_{p} \geqslant E^{v}_{c};\ P^{v}_{p} \geqslant P^{v}_{c};\ I^{v}_{r} \leqslant I^{v}_{p};\ t^{v}_{r} \leqslant t^{v}_{p};\ Q^{v}_{p} \geqslant Q^{v}_{c};\ B^{v}_{p} \geqslant B^{v}_{c}; \\ C^{v}_{le} \geqslant E^{v}_{c};\ C^{v}_{ct} \geqslant Q^{v}_{c};\ A^{r}_{v} \geqslant A^{p}_{v};\ \cos\varphi_{r} \geqslant \cos\varphi_{n}; \\ E^{v}_{l} \leqslant P^{v}_{d} \cdot t^{v}_{f};\ E^{v}_{p} \leqslant E^{v}_{as}. \end{array}\right\} \qquad (2.30)$$

Cheltuielile și investițiile din structura funcțiilor de eficiență (2.27) —(2.29) se comentează astfel:

Z^{cp}_{ut} cuprinde cheltuieli și investiții pentru utilajul necesar realizării obiectivului energetic (cazane, turbine, generatoare, întreruptoare, stîlpi, conductoare, aparataj miniaturizat etc.); Z^{cp}_{is} cuprinde cheltuieli și investiții pentru întocmirea documentației tehnico-economice și a proiectului de execuție; Z^{cp}_{ap} cuprinde cheltuieli și investiții pentru amplasarea obiectivului industrial (asigurarea apei și a combustibilului în condiții economice, ocuparea unui teren agricol cît mai mic și pe cît posibil mai puțin fertil, locul de amplasare să favorizeze extinderea centralei); Z^{cp}_{pa} cuprinde cheltuieli și investiții pentru asigurarea unui grad de puritate a aerului în zona obiectivului industrial prin montarea filtrelor speciale pe drumul gazelor arse și prevederea unor dispozitive de alarmă dacă poluarea atmosferei a depășit nivelul impus; $Z^{cp}_{\Delta e+\Delta p}$ cuprinde cheltuieli și investiții pentru acoperirea pierderilor de energie (Δe) și a pierderilor de putere (Δp) pe întregul lanț tehnologic care leagă sursa de energie de consumator. Pentru acoperirea pierderilor de putere (Δp) se prevăd grupuri speciale în centrală; Z^{cp}_{im} cuprinde cheltuielile și investițiile pentru ingineria umană respectiv pentru asigurarea forței calificate de muncă și pentru organizarea corespunzătoare a locurilor de lucru; Z^{cp}_{eh} cuprinde cheltuieli și investiții pentru echivalarea energetică a soluțiilor de alimentare cu energie a consumatorilor cînd sursa proiectată se conectează la sistemul energetic național; Z^{cp}_{dnp} cuprinde cheltuieli și investiții diverse referitoare la: amortizări, întreținerea utilajului de proiectare (inclusiv funcționarea calculatoarelor), cheltuieli generale (inclusiv deplasările, paza telecomunicațiile etc.) și cheltuielile cu elaborarea deciziilor (inclusiv investițiile pentru calculatoare); p^{cp}_{c} — costul specific orar de cercetare-proiectare; t^{prc}_{cp} — timpul în ore pentru realizarea proiectului obiectivului energetic conceput; Z^{cm}_{ast} cuprinde cheltuieli și investiții de construcții montaj (cm) în privința amenajării șantierului; Z^{cm}_{rob} cuprinde cheltuieli și investiții pentru realizarea obiectivului (centrală, linie electrică-consumator de energie). Elementele din structura lui (Z^{cm}_{rob}) se referă la dimensionarea depozitelor pentru stocarea materialelor și a utilajului energetic, la calcularea dimensiunilor benzilor de montaj; la stabilirea numărului și capacității macaralelor de montaj și la stabilirea resurselor materiale necesare montării obiectivului într-un timp prestabilit; Z^{cm}_{im} cuprinde cheltuieli și investiții pentru recrutarea, pregătirea, retribuția și promovarea cadrelor necesare montajului Z^{cm}_{plh} cuprinde cheltuieli și investiții pentru probe tehnologice în vederea atingerii parametrilor proiectați; Z^{cm}_{dnp} cuprinde cheltuieli și investiții diverse (locații, pază, telecomunicații, deplasări, amortizarea utilajului de montaj, întreținere și reparații, așteptarea elementelor premontate pe bandă pentru a fi plasate în circuitul tehnologic, ordonanțarea montajului conform proiectului inițial sau pe baza noilor modificări făcute la nivelul șantierului etc.); p^{cm}_{c} — costul specific pentru o unitate de timp de construcții montaj; t^{rob}_{cm} — timpul în ore pentru realizarea obiectivului energetic.

Scanned with OKEN Scanner

Duratele de realizare a proiectului și a obiectivului energetic se determină cu ajutorul *metodei drumului critic.*

Cheltuielile și investițiile ocazionate de exploatarea și dezvoltarea obiectivului energetic (Z^{pr}_{exd}) se referă la:

— procurarea și stocarea combustibilului și la dimensionarea stațiilor de descărcare cu ajutorul teoriei stocurilor și teoriei așteptării ($Z_{cc} + Z_{aș}$);

— asigurarea funcționării continue a instalațiilor și ordonanțării optime a fabricației ($Z_e + Z_0$);

— recrutarea, calificarea și retribuția lucrătorilor în condiții ergonomice impuse de funcționarea sistemului de aparatură (Z_{tm});

— garantarea calității energiei electrice și termice produse în centrală prin menținerea constantă a tensiunii și frecvenței pentru energia electrică și menținerea constantă a presiunii și temperaturii pentru energia termică (Z_{cfc}).

Aceste cheltuieli pot crește sau pot scade în funcție de corelația ce se stabilește între furnizorul de energie și consumatorul aferent, privitor la imperfecțiunea calității energiei preluate din sistem.

Celelalte mărimi din relația (2.29) cuprind: cheltuielile și investițiile privitoare la dezvoltarea furnizorului și consumatorului de energie (Z^{exd}_{pr}); cheltuielile și investițiile speciale ale consumatorului legate de funcționarea optimă (Z_{spc}) (bilanț, mers în gol, limitări etc.); cheltuieli și investiții diverse la nivelul furnizorului și consumatorului de energie (Z_{dnp}) (amortizări, implementarea măsurilor tehnico-organizatorice, compensarea factorului de putere etc.).

Restricțiile tehnologice și funcționale (2.30) se referă la energiile și puterile produse (E^v_p; P^v_p); acestea la vîrful de consum trebuie să fie mai mari sau egale cu cele consumate (E^v_c; P^v_c) pentru a acoperi pierderile cînd centrala este departe de receptor ($\Delta e = E^v_p - E^v_c$; $\Delta p = P^v_p - P^v_c$). Aceste restricții se extind atît la nivelul căldurii produse și consumate (Q^v_p; Q^v_c), cît și la nivelul combustibilului ($B^v_p \geqslant B^v_c$). Diferențele: $Q^v_p - Q^v_c = \Delta q$ și $B^v_p - B^v_c = \Delta b$, indică pierderile de căldură (Δq) și pierderile de combustibil (Δb) în circuitul tehnologic din interiorul și din afara, centralei. Investițiile realizate (I^v_r) trebuie să fie mai mici ca cele planificate (I^v_p), iar factorii de putere realizați ($\cos \varphi_r$) să fie mai mari ca cei neutrali ($\cos \varphi_n$); timpul de realizare (t^v_r) a obiectivului energetic să fie mai mic decît cel planificat (t^v_p), iar capacitatea liniei electrice de transport (C^v_{le}) să fie mai mare decît energia cerută la consumator pentru a se putea prelua și puterea pierdută. Extinderea acestei restricții la nivelul conductelor termice duce la o relație de forma ($C^v_{ct} \geqslant Q^v_c$). Aportul de valută realizat (A^r_v) prin exportul energiei, trebuie să fie mai mare decît cel planificat (A^p_v). Această condiție poate fi realizată atît pe seama creșterii cantității energiei, cît mai ales pe seama calității energiei exportate. Energia livrată de centrală (E^v_l) să fie egală sau mai mică decît produsul dintre puterea disponibilă (P^v_d) și timpul de funcționare al instalațiilor (t^v_f). Această condiție apare în cazul instalațiilor energetice ce prezintă strangulări și uzuri care cauzează micșorarea puterii instalate. Energia produsă de centrală (E^v_p) la vîrful sistemului, nu poate depăși energia asigurată (E^v_{as}) de resursele pe care le avem la dispoziție.

Modelul matematic agregat pentru constituirea unui sistem industrial cu structura continuă (centrală-linie electrică-consumator) care reflectă chel-

Scanned with OKEN Scanner

tuielile și investițiile pe fazele de cercetare-proiectare, construcții-montaj și exploatare-dezvoltare, operează cu o funcție de eficiență de forma:

$$Z_i^{pr} = \Bigg[C_{ul}^{pr} + C_{ap+pa+is}^{pr} + \sum_{i=1}^{3} (B_i^{pr} \pm \Delta B_i^{pr})(p_c^c + p_c^t + p_c^{st}) +$$

$$+ E_l^{pr} \cdot p_{ce}^t + \Delta e^{pr} p_c^e + \Delta p^{pr} i_{sp} + \sum_{i=1}^{3} \sum_{k=1}^{5} r_{mi_k}^a N_{mi_k}^l + \sum_{i=1}^{3} C_{ep_i}^{pr} + C_l^{pr} +$$

$$+ p_c^e \Delta E_{lr}^{eh} + \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} p_{ij} I_{ij}^{pr} + p_{ast} I_{cm}^{pr} + C_{rob}^{pr} + C_{pl}^{pr} + C_{as+st}^{pr} + C_{ord}^{pr} +$$

$$+ C_{cfc}^{pr} + C_{\cos\varphi}^{pr} + C_{dd}^{pr} + C_{spc}^{pr} + C_{div}^{pr} + p_n \Bigg[I_{ul}^{pr} + I_{ap+pa+is}^{pr} + I_{conex}^{pr} +$$

$$+ I_l^{pr} + I_{\Delta e+\Delta p}^{pr} + \sum_{i=1}^{3} I_{im_i}^{pr} + i_{sp} \cdot \Delta P_{lr}^{eh} + I_{ast}^{pr} + I_{rob}^{pr} + I_{pl}^{pr} +$$

$$+ I_{as+st}^{pr} + \sum_{i=1}^{3} I_{ep_i}^{pr} + I_{ord}^{pr} + I_{cfc}^{pr} + I_{\cos\varphi}^{pr} + I_{dd}^{pr} +$$

$$+ \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} I_{ij}^{pr} + I_{div}^{pr} \Bigg] = \text{minim.} \qquad (2.31)$$

Restricțiile sînt cele arătate în relațiile (2.30). Mărimea (Z_i^{pr}) se exprimă în (lei/an) și se aplică de atîtea ori cîte variante s-au stabilit pentru alegerea soluției optime. Extremul (minim) funcției (Z_i^{pr}) indică varianta optimă de constituire a unui sistem industrial cu structura continuă înzestrat cu subsisteme cu structura discretă (proiectare, montaj, reparații, alimentare cu combustibil etc.) în condiții restrictive impuse de corelațiile acestuia cu mediul. După cum se arată în continuare, variabila de optimizat din modelul (2.31) este puterea electrică.

Mărimile noi care intervin în funcția (2.31) au următoarea semnificație: $C_{ap+pa+is} I_{ap+pa+is}$ sînt cheltuielile și investițiile pentru amplasare (ap), poluarea aerului (pa) și întocmirea documentației tehnico-economice (is); ($B_i^{pr} \pm \Delta B_i^{pr}$) — combustibilul necesar pentru fazele de cercetare-proiectare, construcții montaj și exploatare-dezvoltare ($i = 1 \ldots 3$) ale sistemului considerat; ΔB — variația combustibilului față de prevederea inițială (B_i); p_c^c, p_c^t, p_c^{st} — sînt prețuri ce se referă la costul combustibilului (p_c^c), la transportul lui (p_c^t) și la stocarea acestuia (p_c^{st}), plus penuria de combustibil care poate apare datorită avarierii instalațiilor de alimentare; E_l^{pr} — energia electrică livrată; p_{ce}^t — costul transportului energiei electrice; p_c^e — costul energiei; i_{sp} — investiția specifică (lei/kW instalat în sistem); $r_{mi_k}^a$ — retribuția medie anuală pentru lucrători ($N_{mi_k}^l$) necesari la proiectare, montaj și exploatare ($i = 1 \ldots 3$) de profesii ($k = 1 \ldots 5$) muncitori, ingineri, tehnicieni, personal ajutător și funcționari; C_{ep}^{pr}, I_{ep}^{pr} — cheltuielile și investițiile ocazionate de teoria echipamentelor; C_l^{pr}, I_l^{pr} — cheltuielile și investițiile pentru linia electrică sînt legate atît de realizarea stîlpilor și conductorilor în condiții de chiciură și vînt, cît și de influența liniilor electrice asupra circuitelor învecinate de telecomunicații (asigurarea aparatajului de protecție și îndepărtarea circuitelor de telecomunicații de liniile electrice influențatoare); ΔE_{lr}^{eh} — energia necesară echivalării soluțiilor (l; r) care se compară $\sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} p_{ij} I_{ij}^{pr}$ — cheltuielile de amortizare,

Scanned with OKEN Scanner

generale, de întreținere și de decizie ($j = 1 \dots 4$) pentru fazele de cercetare-proiectare, construcții montaj și exploatare-dezvoltare ($i = 1 \dots 3$); $p_{ast} I^{pr}_{cm}$ — cheltuielile de amenajare a șantierului drept cota parte din investițiile probabiliste de montaj, I^{pr}_{cm}; C^{pr}_{rob}, I^{pr}_{rob} — cheltuielile și investițiile de realizare a obiectivului energetic; I_{tmi} — investițiile pentru ingineria umană pentru fazele ($i = 1 \dots 3$) proiectare-montaj-exploatare; cheltuielile și investițiile pentru compensarea factorului de putere se referă la costul pierderilor de energie, la cheltuielile cu amortizarea instalațiilor de compensare și la investițiile pentru procurarea condensatoarelor și a compensatoarelor sincrone. Ele mai cuprind investițiile conexe care nu se mai fac întrucît prin compensare se reduc pierderile de energie și nu se mai produce în centrală energia pentru acoperirea acestor pierderi. Cheltuielile și investițiile diverse se referă la toate celelalte categorii de cheltuieli necuprinse detailat în funcția de eficiență (2.31).

După caracterul sistemului industrial (centrala electrică) modelul matematic (2.31) se poate amplifica sau simplifica după cum centrala electrică este alimentată cu cărbune (amenajarea locului de eliminare a zgurei și cenușii), sau este: centrală termoelectrică, centrală electrică de termoficare, centrală nucleară electrică (amenajarea specială a combustibilului nuclear), sau centrală hidroelectrică (cu ecluze, cu baraj, mareomotrică etc.).

Modelul matematic (2.31) se poate scrie și sub forma:

$$Z^{pr}_i = Z^{pr}_{ce} + Z^{pr}_{le} + Z^{pr}_{cc} = [(C_{ce} + C_{le} + C_{cc})^{(pr)} + \\ + p_n (I_{ce} + I_{le} + I_{cc})^{(pr)}] = \text{minim}. \qquad (2.32)$$

Restricțiile se pot scrie la nivelul centralei electrice (*ce*) la nivelul liniei electrice (*le*) și la nivelul consumatorilor industriali (*cc*). La nivelul centralei resursele de combustibil trebuie să depășească necesarul pentru a se putea acoperi pierderile tehnologice și cele de organizare; energia livrată nu poate depăși pe cea disponibilă sau pe cea efectiv utilizabilă (condiționată de strangulări, uzuri, reparații și condiții locale de funcționare a centralei debit de apă insuficient, temperatura apei de răcire mai mare decît cea prevăzută inițal etc.). Capacitatea de transport a liniei trebuie să fie cel puțin egală cu energia ce se transmite de către centrală sistemului și nu poate fi mai mică decît energia cerută la consumator, plus pierderile de energie în linie. La nivelul consumatorului se impun condiții de alimentare continuă cu energie de calitate și cantitate necesară funcționării receptoarelor la ora de vîrf a sistemului.

Întrucît ciclul de cercetare-proiectare, construcții-montaj, este relativ lung, iar energetica trebuie să devanseze dezvoltarea celorlalte ramuri industriale (consumatoare de energie), se impune efectuarea de cercetări prospective pentru a elimina neajunsurile de preluare a vîrfurilor de consum industrial de către sistemul energetic.

Documentațiile tehnico-economice de justificare a investițiilor energetice trebuie să cuprindă analiza în detaliu a problemelor de concepere a centralelor, stațiilor și liniile și să indice varianta optimă a constituirii sistemului industrial pe baza minimizării cheltuielilor probabiliste de calcul (Z^{pr}_i).

Scriind modelul matematic (2.31) într-o formă specifică proiectării centralelor și stațiilor electrice se poate stabili locul optim de amplasare a obiectivului energetic ținîndu-se seama fie de transportul combustibilului (cînd centrala este lîngă consumator), fie de transportul energiei (cînd centrala se plasează lîngă sursa de producere a combustibilului). Dacă se particularizează modelul general (2.31) pentru studierea unei linii electrice de transport,

Scanned with OKEN Scanner

atunci se deduce atît traseul liniei și tipul economic de stîlp, cît și secțiunea optimă a conductoarelor. Cînd modelul matematic (2.31) se scrie la nivelul unui consumator industrial, atunci condiția de extrem (minim) permite calcularea factorului de putere optim.

După etapa de concepere (cercetare-proiectare) a sistemului industrial se trece la faza de realizare (construcții-montaj) a obiectivului energetic pe baza unui model matematic de forma:

$$Z_{cm}^{(pr)} = C_{cm}^{(pr)} + p_n I_{cm}^{(pr)} = C_{ast}^{pr} + C_{rob}^{pr} + C_{pl}^{pr} + p_n(I_{ast}^{pr} + \\ + I_{rob}^{pr} + I_{cp}^{pr}) = p_c^{cm} \cdot t_{cm}^{rob} = \text{minim}. \qquad (2.33)$$

Restricțiile impuse la realizarea obiectivului energetic se referă la: restricții de succesiune impuse de tehnologia procesului, restricții temporale impuse de duratele activităților precedente și restricții cumulative impuse de disponibilul de resurse. Formularea matematică a acestor restricții arată astfel:

$$d_i \leqslant d_j;\ (t_i - t_j) \geqslant t_{ij};\ R \geqslant C + S;\ t_{ij} = t_i - s_{ij};\ t_{ij} = t_i + d_{ij};$$

$$(I_{ast}^{pr} + I_{rob}^{pr} + I_{cp}^{pr})^r \leqslant I_{cm}^{p};\ t_i^r \leqslant t_i^p;\ p_{cr}^{cm} \leqslant p_{cp}^{cm};\ A_v^r \geqslant A_v^p. \qquad (2.34)$$

În modelul matematic (2.33), (2.34) mărimile care intervin se definesc astfel: p^{cm} este costul unei ore de montaj care poate fi planificat (p_{cp}^{cm}) sau realizat (p_{cr}^{cm}); t_{cm}^{rob} — timpul de realizare a obiectivului energetic care poate fi planificat (t_{cm}^{p}) sau realizat (t_{cm}^{r}); d_i; d_j — distanțele minime între începerea activităților (i) și (j); t_i; t_j — duratele de începere a activităților (i) și (j); t_{ij} — durata dintre începuturile celor două activități ($t_i + d_{ij}$), $t_{ij} = t_i - s_{ij}$; d_{ij}; s_{ij} — decalajul și suprapunerea activităților la cele două capete (începutul activității (j) se decalează (d_{ij}) sau se suprapune (s_{ij}) peste sfîrșitul activității (i).

● *Elemente de teoria grafelor.* Pentru rezolvarea modelului matematic (2.33), 2.34) se face apel la teoria grafelor cu ajutorul căreia se definește structura grafului de montaj și se precizează drumurile hamiltoniene optime (maxime și minime) și traseele caracteristice (poștaș chinez, comis voiajor, drum critic.). prin intermediul teoremei Dirac, König-Hall, algoritmul Ford-Dantzig, algortimul PERT-Fulkerson (referitor la determinarea duratei evenimentelor aleatorii). Un *graf* se reprezintă printr-o schemă formată dintr-o mulțime de arce și noduri cu origini și extremități precise care simbolizează drumurile, circuitele și buclele ce modelează grafic activitățile de montaj a unor obiective reale. *Drumurile* în graf pot fi simple și complexe. Drumurile simple întîlnesc nodurile o singură dată pe cînd drumurile complexe pot parcurge de două ori același arc. Un graf complet are cel puțin un cuplu de două noduri care definește un *arc*. Un graf este tare conex dacă orice cuplu de două noduri determină cel puțin un drum care le unește. Un *lanț* într-un graf este format dintr-un șir de *muchii*. Lungimea unui drum într-un graf este formată din numărul arcelor care îl constituie. Un graf finit care are cel puțin două noduri se numește *arbore*. Grafurile pot fi orientate și neorientate. Într-un graf cu (n) noduri, (m) arce și (p) componente, numărul maxim al ciclurilor independente sau numărul ciclomatic se calculează astfel: ($N_c = m - n + p$).

Două grafe sînt *izomorfe* dacă au același număr de vîrfuri, iar arcele simetrice unesc aceleași categorii de vîrfuri în ambele grafuri. Conform teoremei lui Kuratovski un graf planar (graful planar conține muchii care se intersectează numai în vîrfuri) nu conține subgrafuri care ar putea fi comprimate

Scanned with OKEN Scanner

la forme de grafuri hexagonale sau pentagonale. Un graf complet, simetric, conex și fără buclă are, conform teoremei lui König, cel puțin un drum hamiltonian, iar după teorema lui Dirac graful conține (dacă respectă condițiile matematice impuse) cel puțin un circuit hamiltonian.

Un drum sau un circuit care trece o singură dată prin fiecare vîrf al grafului și parcurge toate vîrfurile se numește *drum hamiltonian*. Acest drum se poate realiza pe două trasee și anume: *traseul comis-voiajorului* cînd se trece prin nodurile grafului o dată și numai o dată și *traseul poștașului chinez* cînd se parcurg laturile grafului numai o singură dată de la orgine la punctul final al drumului. Pe baza acestei teorii conducerea șantierului, care realizează obiectivul energetic, își poate fixa drumurile pentru inspectarea într-un timp scurt a punctelor de execuție. În acest scop se pot folosi algoritmul Foulkes, algoritmul tranziției minime, algoritmul înmulțirii latine a matricelor grafului scrise pentru cel puțin două situații distincte. Traseul poștașului chinez într-un graf se mai numește și *ciclu eulerian*. Un graf are un ciclu eulerian dacă este conex și pseudosimetric. Un graf este pseudosimetric dacă din fiecare vîrf pleacă atîtea arce cîte sosesc. Pentru determinarea unui drum hamiltonian pe traseul poștașului chinez se aplică algoritmul lui Fleury. Un graf conex admite un ciclu eulerian dacă toate vîrfurile sînt de grad par.

Drumurile *optime* într-un graf pot fi drumuri minime sau drumuri maxime. Drumurile minime se referă la: traseele pe care le parcurg materialele pentru aprovizionarea locurilor de lucru, aprovizionarea depozitelor cu materiale aduse din exterior, realizarea rețelelor de telecomunicație etc. Minimizarea se referă la lungimi, costuri sau timpi și se obține cu ajutorul algoritmelor Ford, Bellman-Kalaba etc. Afectarea resurselor materiale pentru executarea obiectivului energetic în condiții optime se face cu ajutorul algoritmelor Kuhn sau Flood.

Probemele care reținatenția proiectanților obiectivului energetic în faza de montaj sînt cele legate de determinarea timpilor diverselor operații și a timpului total necesar executării lucrărilor, de dimensionarea platformei de montaj și de stabilirea capacității și a numărului de macarale necesare realizării obiectivului proiectat și de obținere a unui cost minim după determinarea lucrărilor de montaj.

În acest scop literatura de specialitate recomandă utilizarea următoarelor metode: CPM (Critical Path Method); CPA (Critical Path Analysis); LESS (Least Cost Estimation and Scheduling Systems); RAMPS (Resource allocation and Multiproject scheduling); OPI (Optimisation Planing Industrial); OTC (Ordonnancement des Travaux critiques); PERT (Program Evaluation and Review Technique) în variantele PERT-TIME și PERT-COST și MDC (metoda drumului critic).

Drumurile de lungime maximă într-un graf care unesc operațiile fără rezervă în timp (critice) de la orginea de începere a lucrărilor pînă la terminarea obiectivului poartă numele de *drum critic*. Activitățile situate pe acest drum sînt denumite *operații critice*. După stabilirea grafului care reflectă lucrările de executat, se determină momentele de începere și terminare a operațiilor, se stabilesc marjele de timp, se trasează drumul critic și se calculează atît durata reală a lucrării, cît și probabilitatea de realizare a termenului planificat pentru terminarea montajului.

Scanned with OKEN Scanner

Duratele operațiilor de montaj se pot calcula cu ajutorul metodelor enumerate anterior, dintre care metoda PERT se recomandă la stabilirea timpilor de montaj a lucrărilor cu durate aleatorii pe baza următoarelor relații:

$$t_{ij} = \frac{t_{ij}^{op} + 4t_{ij}^{m} + t_{ij}^{ps}}{6}; \quad \sigma_{ij}^2 = \frac{(t_{ij}^{ps} - t_{ij}^{op})^2}{36}, \tag{2.35}$$

în care: t_{ij}^{op} este durata optimistă a executării operației cuprinsă între nodul (i) și respectiv (j); t_{ij}^{m} — durata medie; t_{ij}^{ps} — durata pesimistă; σ_{ij} — dispersia.

Aceste durate (optimiste, medii și pesimiste) se stabilesc de specialiști pe baza datelor statistice cu ajutorul unor relații globale de forma:

$$t_{ij}^{op} = \frac{V_l^{opt}}{N_p n_p} \cdot \frac{1}{K_{in}}; \quad t_{ij}^{m} = \frac{V_l^{m}}{N_p n_p K_{in}}; \quad t_{ij}^{ps} = \frac{V^{ps}}{N_p n_p K_{in}}, \tag{2.36}$$

unde: V_l^{opt}; V_l^{m}; V_l^{ps} sînt volumele de lucrări după aprecieri optimiste (V_l^{opt}), după aprecieri medii (V_l^{m}) și după aprecieri pesimiste (V_l^{ps}); N_p — numărul de lucrători care execută un volum de muncă dat; n_p — norma de producție; K_{in} — coeficientul de îndeplinire a normelor. Duratele maxime de executare a operațiilor de montaj se pot stabili atît pe baza „numerelor lui Fulkerson", cît și pe baza metodei potențialelor Metra, care ține seama de intensitatea suprapunerilor lucrărilor ce se execută în serie și în paralel.

Marjele (rezervele) de timp pentru fiecare operație se calculează astfel:

$$\begin{aligned} &M_t = (t_j^1 - t^0 - t_{ij}) = (t_j^1 - t_j^0); \; M_l = (t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}) = (t_j^0 - t_j^1) \\ &M_i = (t_j^0 - t_j^1 - t_{ij}); \; M_m = (t_j^l - t_i^l - t_{ij}), \end{aligned} \tag{2.37}$$

în care: M_t este marja totală; M_l — marja liberă; M_i — marja independentă; M_m — marja intermediară; t_j^1 — moment întîrziat de terminare (valoarea maximă a timpului socotit de la origine, la care se poate termina operația fără să influențeze negativ desfășurarea lucrărilor); t_i^0 — moment avansat de începere (valoarea minimă a timpului în raport cu originea la care poate începe operația; t_j^0 — moment avansat de terminare (valoarea minimă a timpului socotit de la origine, la care se poate termina operația); t_i^l — momentul întrîziat de începere (valoarea maximă a timpului în raport cu originea la care poate începe operația fără a influența negativ desfășurarea lucrărilor).

Momentele avansate de terminare și cele întîrziate de începere a unei operații, cît și intervalele de flotare (d_f) a unei faze se determină astfel:

$$\left.\begin{aligned} &t_j^0 = \max_i (t_i^0 + t_{ij}); \; t_i^1 = \min_j (t_j^1 - t_{ij}); \\ &d_{fi} = (t_i^0 - t_i^1); \; d_{fj} = (t_j^1 - t_j^0) \end{aligned}\right\} \tag{2.38}$$

Operațiile critice au intervalul de flotație egal cu zero.

● *Metoda drumului critic în cazul unui obiectiv energetic.* Pentru înțelegerea modului de calcul al momentelor de începere și terminare avansate sau întîrziate și a drumului critic a unei lucrări se urmărește diagrama din fig. 2.1, 2.2, 2.3 și calculația care urmează:

— Parcurgînd graful din fig. 2.1 în sens direct se obțin următoarele date:

$$\left.\begin{aligned} &t_1 = 1; \; t_2 = \max(0+3; \; 1+2) = 3; \; t_3 = (0+4) = 4; \; t_4 = 1+2 = 3; \\ &t_5 = \max(3+1; \; 4+2) = 6; \; t_6 = \max(3+6; \; 6+5) = 11; \; t_7 = 11+3 = 14 \\ &t_8 = \max(11+3; \; 3+10; \; 14+2) = 16 \text{ ut.} \end{aligned}\right\} \tag{2.39 a}$$

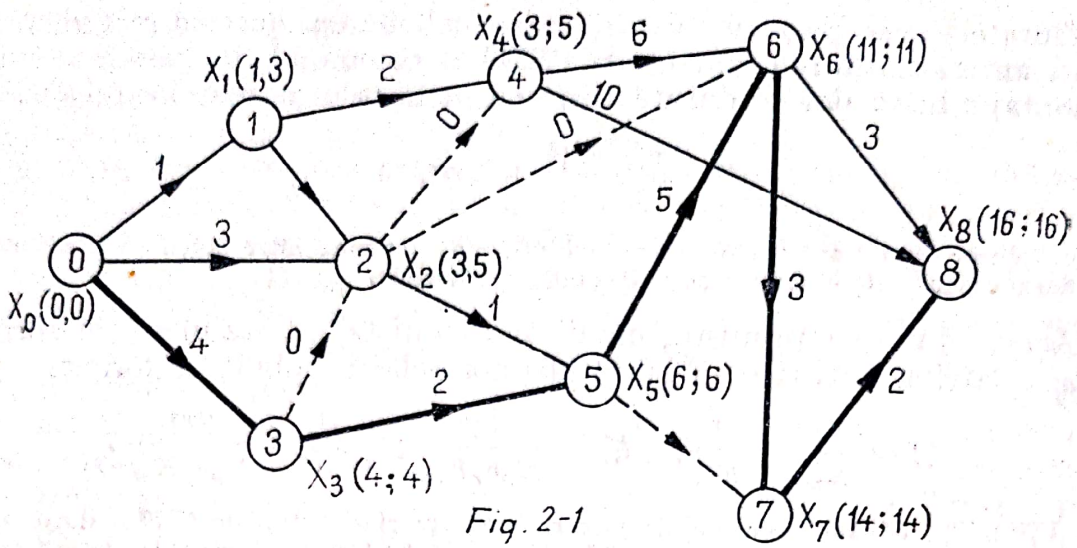


Fig. 2.1. Schemă pentru determinarea drumului critic.

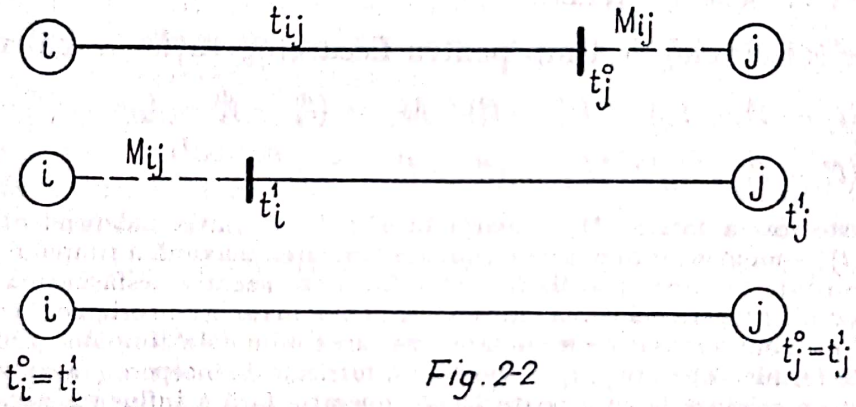


Fig. 2.2. Schemă pentru determinarea drumului critic.

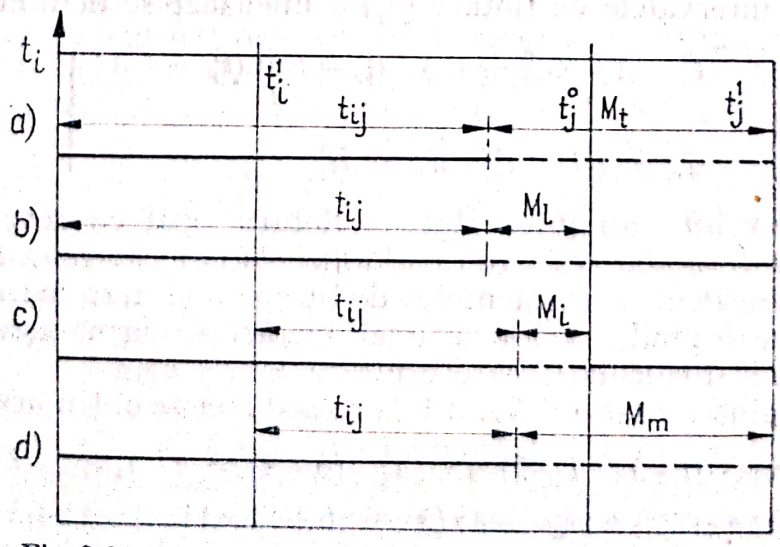


Fig. 2.3. Schemă pentru determinarea drumului critic.

Durata de realizare a lucrărilor pe drumul critic $t_n = t_8 = 16$ ut
— Parcurgînd graful în sens invers se obțin datele:

$$\left.\begin{aligned} &t_8^x = 16 \text{ ut};\ t_7^x = 16-2=14 \text{ ut};\ t_6^x = \text{minim}(16-3;\ 14-3)=11 \text{ ut};\\ &t_5^x = 11-5=6;\ t_4^x = \text{minim}(11-6;\ 16-10) = 5;\ t_3^x = 6-2=4;\\ &t_2^x = 6-1=5;\ t_1^x = \text{min}(5-2;\ 5-2) = 3;\ t_0^x = 0 \end{aligned}\right\} \quad (2.39\text{ b})$$

Marja (rezerva) totală $M_t(x_0, x_2) = 5-3-0 = 2$;

$$M_t(x_4, x_8) = (16-5-10) = 1.$$

Drumul critic se realizează prin unirea operațiilor $(x_0, x_3, x_5, x_6, x_7, x_8)$ și are o lungime totală de 16 unități de timp (u.t). Avantajul acestei metode constă în reducerea duratelor de montaj și a costului de montaj față de metodele tradiționale.

După stabilirea duratei de executare a obiectivului $(t_n = t_8 = 16$ ut), se calculează probabilitatea de realizare a oricărui termen planificat (t_p) cu ajutorul variabilei reduse (x)

$$x = \frac{t_p - t_n}{\sqrt{d_{ij}^2}} = \frac{t_p - t_n}{d_{ij}}; \quad x \to P_r^n. \qquad (2.40)$$

Această variabilă are o distribuție normală. Termenul (t_p) cel mai adecvat pentru planificarea executării lucrărilor va fi acela căruia îi corespunde cea mai mare probabilitate (p_r^n) găsită în tabele pentru valoarea lui x.

● Dimensionarea depozitelor de utilaje se face pe baza volumului de resurse și a normelor de depozitare pe fiecare metru pătrat. Platformele de montaj se calculează cu o relație de forma:

$$L_p = [l_0 + (2\,V_0 + V_1)\,l + 1{,}2\,H] \quad [\text{m}] \qquad (2.41)$$

în care l_0 este lungimea standului de preasamblare; l — lungimea spațiului ocupat de un bloc supus montării; V_1 — numărul de blocuri în schema de așteptare; V_0 — numărul de blocuri în șirul de așteptate; H — înălțimea obiectului supus montării.

Determinarea tipului macaralei necesare montării unui obiectiv industrial cu specific energetic se face calculînd capacitatea orară a macaralei (respectiv productivitatea ei) cu ajutorul următoarelor metode: metoda coeficienților analitici și metoda Monte-Carlo.

a. Productivitatea macaralei se calculează prin aplicarea *metodei coeficienților analitici* cu o formulă de forma:

$$P_m = \frac{t_s}{T_c}\,\frac{Q}{n_b} \qquad K_e = \frac{t_s}{T_c}\,\frac{Q}{n_b}\,\frac{t_u}{t_c} \quad [\text{t/zi}] \qquad (2.42)$$

în care: t_s este durata de lucru, în minute, într-un schimb de opt ore ($t_s = 480$ min); T_c — durata în minute a unui ciclu; Q — masa totală a blocurilor supusă montării; n_b — numărul total al blocurilor; K_e — coeficientul de folosire extensivă a macaralei (folosirea timpului). Determinarea valorii coeficientului (K_e) se face cu ajutorul observărilor instantanee ($K_e = t_u/t_t$); t_u — timpul util de lucru al macaralei; t_t — timpul total compus din timpul util și timpul de mers în gol, plus timpul de staționare datorită fie blocajului, fie defecțiunilor intervenite pe parcursul exploatării. Raportul (t_s/T_c) indică cîte deplasări realizează macaraua într-un schimb, iar (t_u/t_c) arată gradul de folosire a timpului util al macaralei.

Scanned with OKEN Scanner

Durata de montaj se calculează cu ajutorul unei relații simple de forma:

$$t_m = \frac{Q}{P_m} = \frac{T_c \cdot n_b \cdot t_t}{t_s \cdot t_u} \quad \text{[zile]}. \tag{2.43}$$

Macaralele utilizate la montajul obiectivelor energetice sînt macarale portal și macarale turn. Capacitatea portantă a acestor macarale variază între 40 și 75 tf. Costul specific al montajului se stabilește astfel:

$$C_{sm} = \frac{C_m}{P_m} + \frac{N}{P_m} M \quad \text{[lei/t]} \tag{2.44}$$

în care: C_m este costul mecanizării montajului pe unitatea de timp; N — numărul de lucrători; M — manopera, în lei/zi.

b. Calculul productivității macaralelor de montaj cu ajutorul *metodei Monte-Carlo* presupune parcurgerea următoarelor etape:

— Se simulează fenomenul real cu ajutorul numerelor întîmplătoare. Fenomenul real, fiind o funcție de variabilă statistică, necesită culegerea de date pe bază de observații pentru fiecare variabilă. Datele se referă la producția (P) și timpul (t) de funcționare a macaralei.

— Se grupează observațiile și se construiesc curbele frecvențelor cumulate $f_{c_1} = f(P)$ și $f_{c_2} = f(t)$ care arată de cîte ori apare o anumită producție (P) și cît timp (t) lucrează macaraua în aceste situații.

— Se determină ritmul sosirilor (numărul de sosiri pe durata efectuării observațiilor) și se deduce ritmul servirilor. Astfel se reproduce istoria fenomenului cu scopul precizării legii de probabilitate cu care apar fenomenele.

— Corelarea datelor statistice cu numerele întîmplătoare generate de un calculator electronic permite calcularea productivității macaralei.

— Se grupează pe clase productivitățile ($p = P/t$) și se consemnează atît numărul de cazuri reale observate, cît și frecvențele teoretice relative (f_{tr}) și frecvențele teoretice absolute (f_{ta}) ale acestor cazuri. Pentru o anumită lege de probabilitate (Poisson sau normală) se aplică testul de semnificație (χ^2) calculat și cel găsit în tabele. Dacă $\chi^2_c < \chi^2_t$ atunci se acceptă legea de probabilitate admisă în calcul.

Relațiile de calcul în cazul aplicării metodei Monte-Carlo au forma:

$$f_{ta} = f_{tr} \cdot n_{c_r}; \quad \chi^2_c = \frac{(f_{ta} - f_{tr})^2}{f_{ta}}; \quad p_m = \sum_{k=1}^{m} \frac{P_k}{t_k}, \tag{2.45}$$

în care: n_{c_r} este numărul de cazuri reale observate de sosire a blocurilor la locul de montaj; χ^2_c — testul de semnificație calculat; χ^2_t — testul de semnificație din tabel; p_m — productivitatea medie a macaralei pentru cele (m) clase în care s-au împărțit greutățile transportate.

Avantajul metodei Monte-Carlo constă în reducerea timpului de stabilire a productivității macaralelor, folosindu-se numere aleatorii generate de un calculator electronic.

Scanned with OKEN Scanner

Numărul optim de macarale necesare montajului unui obiectiv energetic se stabilește plecînd de la analiza modelului (2.33) și dezvoltînd partea referitoare la cheltuielile cu așteptarea (C_m^a) sub forma:

$$C_a^{cm} = (\lambda t_f c_1 + \bar{\rho} c_2)\, T \quad [\text{lei/an}], \tag{2.46}$$

în care: λ este numărul de sosiri al blocurilor la montaj; t_f — timpul mediu de așteptare în șir determinat pe baza teoriei cozilor, c_1 — costul mediu al așteptării blocurilor $= 0{,}3 \times R = 0{,}3 \times 1{,}02\ M_t$; R — regia; M_t — manopera totală; ρ — valoarea medie a inactivității macaralei; c_2 costul staționării macaralelor $= C_m t_s$; C_m = costul orar al așteptării macaralei; t_s — durata schimbului.

Mărimile din relația (2.46) se determină astfel:

$$\lambda = \frac{n_b}{T}; \quad \bar{\rho} = (S - \psi) = \left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right), \tag{2.47}$$

unde: S este numărul de macarale; ψ — factorul de serviciu; μ — numărul de serviri; T — durata de funcționare a macaralelor ($T = 1$ an).

● Montajul în flux al sistemelor industriale (centrale electrice) se face ținînd seama de numărul lucrărilor în paralel și în serie, de modalitatea stabilirii pasului de montaj și a celorlalte mărimi, astfel ca economiile de materiale și manoperă să ducă la micșorarea cheltuielilor ocazionate de realizarea obiectivelor.

Pentru stabilirea duratei operațiilor critice la montajul în flux se aplică metoda potențialelor Metra care operează cu o relație de forma:

$$t_m^{op} = \max t_{ij} = \frac{T'}{m + K(n-1)} \tag{2.48}$$

în care: t_m^{op} este timpul de montaj al operațiilor critice între nodul (i) și nodul (j); T' — durata totală a lucrării; (m și n) — numărul activităților în paralel (m) și în serie (n); K — coeficient de intensitate a suprapunerilor lucrărilor în timp.

Pasul de montaj (p_m) în cazul montării simultane a trei obiective energetice (cazane) este optim, dacă montajul începe simultan și este avantajos sub aspect economic dacă mărimea pasului (p_m) este mai mică decît jumătatea duratei de realizare a unui cazan. Pasul fluxului de montaj se calculează astfel:

$$\text{a)}\ p_m = \sum_i \frac{V_{mi}}{C_{mi}} / (n-1) = \frac{\Sigma k_i}{(n-1)}; \quad \text{b)}\ p_m = k \tag{2.49}$$

unde: V_{mi} este volumul de montaj; C_{mi} — capacitatea de lucru; k — modulul de ciclicitate al lanțului tehnologic. Inversul modulului de ciclicitate ne dă tempoul lanțului tehnologic.

Duratele montării obiectivelor în flux se determină astfel:

$$D_p = (N + n - 1)\, k + \sum_{i=1}^{n} t_{ai}; \quad t_a = \left(\frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu}\right)$$
$$D_s = nNk + \sum_{i=1}^{n} t_{ai} \tag{2.50}$$

în care: N este numărul de lanțuri tehnologice; n — numărul obiectivelor; t_a — timpul de așteptare; D_p — durata la montajul în paralel; D_s — durata la montajul în serie.

Scanned with OKEN Scanner

Practica arată că economiile care apar la nivelul unui șantier de montaj sînt: economii la fondurile de retribuție, economii la cheltuielile de mecanizare, economii privind exploatarea atelierelor, economii din mărirea ritmurilor de investiții și economii rezultate din punerea în funcțiune înainte de termen a obiectivelor montate; cu excepția ultimei categorii de economii, celelalte economii trebuie să rețină atenția proiectanților de sisteme industriale încă din faza de aplicare a modelului de optimizare.

După terminarea probelor tehnologice, obiectivul industrial construit se predă beneficiarului conform procedurii legiferate în vigoare.

● Exploatarea optimă a sitemelor industriale cu structură continuă (centrale electrice) se face pe baza aplicării unui model matematic de forma:

$$Z_{exd}^{(pr)} = C_{exd}^{(pr)} + p_n I_{exd}^{(pr)} = [(C_{ex}^{(pr)} + C_d^{(pr)} + p_n(I_{ex}^{(pr)} + I_d^{(pr)}] = \text{minim}$$

$$E_p^v \geqslant E_c^v;\ P_p^v \geqslant P_c^v;\ I_d^r \leqslant I_d^v;\ A_v^r \geqslant A_v^v;\ P_p^v \leqslant P_a^v \tag{2.51}$$

În modelul (2.51) intervin următoarele mărimi: $C_{ex}^{(pr)}$ și $I_{ex}^{(pr)}$ sint cheltuielile și investițiile de exploatare; $C_d^{(pr)}$; $I_d^{(pr)}$ —cheltuielile și investițiile pentru dezvoltarea sistemelor în funcțiune. Restricțiile ($P_p^v \leqslant P_a^v$); și ($I_d^r \leqslant I_d^v$) arată că puterea produsă la vîrf (P_p^v) trebuie să fie mai mică decît puterea asigurată (P_a^v), iar investițiile realizate (I_d^r) să fie mai mici ca cele planificate (I_d^v)

Funcția de eficiență a modelului matematic simplificat pentru exploatarea sistemului industrial se poate scrie sub forma:

$$Z_{ex}^{pr} = \Big\{(p_c^c + c_s t_s)\sum_i\sum_j\sum_k \frac{Q_{ijk}^{pr}}{\eta_k} + (t_{af}^{pr}c_1 + t_{ac}^{pr}c_2) + [\sum_f m_f(c_f +$$

$$+ c_f') + C_{av}](1 - p_f) + [\sum_f V_i^{pr} r_m p_r + C_{amg}^{pr} + C_{eh}^{pr}] + p_n(I_i^{pr} + I_{eh}^{pr})\Big\} =$$

$$= [p_c^l t_f + p_n i_{sp}]\, P = \text{minim}. \tag{2.52}$$

în care; p_c^c este costul combustibilului; c_s — costul stocării t_s — timpul de stocare; Q_{ijk} — cantitatea de abur livrată de cele (k) cazane cu randamente (η_k) pe duratele (i) zile din an și (j) ore de funcționare pe zi; t_{af}, t_{ac} — timpii de așteptare ai furnizorului (f) și respectiv ai consumatorului (c) de energie electrică și/sau primară; c_1, c_2 — prețul unitar al așteptării la furnizor (c_1) și consumator(c_2); m_f — elementele în funcțiune din lanțurile tehnologice ale centralei care se pot avaria cu o probabilitate ($1 - p_f$); c_f și c_f' costul unui element avariat care se înlocuiește (c_f) și a întreținerii lui (c_f') după înlocuire; C_{av} — costul avariei cuprinde valoarea energiei nelivrate, plus pagubele generate de distrugerea utilajului și a producției la consumator; V_i^{pr} — volumul de muncă = $Y_n h$; Y_n — numărul de lucrători pe care îi are întreprinderea; h — regimul de lucru al personalului muncitor; r_m — retribuția medie a lucrătorilor; p_r — probabilitatea realizării volumului de muncă (V_i^{pr}). Acest volum de muncă (V_i^{pr}) se determină pe baza normelor de lucru (n_{tc}) și a numărului de lucrători (Y_n) pe cinci categorii distincte (muncitori, ingineri, tehnicieni, funcționari și personal ajutător); $C_{amg}^{(pr)}$ și $C_{eh}^{(pr)}$ — cheltuielile generale (g) cu amortizarea (am) și cele pentru echivalarea soluțiilor (C_{eh}^{pr}); I_i^{pr} — investițiile totale; I_{eh}^{pr} — investițiile de echivalare.

Exemple de calcul. 1. *Sistem cu structură continuuă.* În vederea aplicării modelului general la determinarea soluției optime de constituire a unui sistem industrial cu structură continuă, se schițează un exemplu de calcul pentru

cercetarea, proiectarea, montajul și exploatarea unei centrale electrice de (990—1320) MW. În acest scop se presupun cunoscute următoarele:

a) *Faza de cercetare-proiectare a instalațiilor energetice*:

— Centrala electrică este plasată într-o zonă de consum industrial, dar poate livra energie unui grup de întreprinderi situat la circa 400 km depărtare.

— Există condiții de alimentare cu apă și combustibil a centralei electrice și se poate livra consumatorilor fără dificultăți energia produsă. Datorită filtrelor cu care este echipată centrala, nu se poluează excesiv mediul înconjurător.

— Combustibilul solid adus în centrală are o putere calorifică de 1600 kcal/kg. Transportul se realizează cu vagoane de 80 t.

— Cheltuielile și investițiile se determină pentru 3—4 agregate bloc (cazan-turbină), cu o putere electrică de 315 MW fiecare. Durata de realizare a centralei este de (4—6) ani.

— Munca de concepere a documentației tehnico-economice și a proiectului de execuție se realizează de o echipă specializată pentru care retribuția medie anuală realizată este de $(26 \div 30)$. 10^3 lei/om.

— Costul unei ore de calculator variază între (3000—5000) lei și se include în manopera de întocmire a proiectului.

— Investițiile specifice și prețurile pentru optimizarea cercetării și proiectării instalațiilor sînt cele operative la nivelul instituțiilor centrale de specialitate.

— Linia electrică care alimentează grupul de consumatori industriali depărtați de centrală transportă puterea naturală sub tensiunea $U = 400$ kV. Traseul ei prezintă o porțiune de apropiere de $l_p = 10$ km de un circuit învecinat de telecomunicație supus inducției. Circuitul de curenți slabi este împărțit în ($N = 20$) tronsoane de lungimi cuprinse între $(0{,}1 \div 0{,}9)$ km. Pasul de creștere a depărtărilor dintre linia electrică inductoare și cea supusă inducției Delta = 0,1km. Depărtarea liniilor variază între ($A_{max} = 3$ km și $A_{min} = 1{,}050$ km). Se mai cunosc înălțimile de suspensie a conductoarelor liniilor învecinate față de sol, frecvențele $f = 50$ Hz și $f = 800$ Hz pentru mărimile periculoase și perturbatoare, rezistivitatea solului $0{,}5 \cdot 10^2$ (Ω/m)în regiunea de influență. Linia electrică are conductori jumelați, cîte trei pe fiecare fază.

— Probabilitățile realizării evenimentelor variază între $(0{,}1 \div 0{,}99)$, iar timpul de funcționare a centralei este de circa 7000 h/an. Factorul de putere la consumator $\cos \varphi = 0{,}95$ la o tensiune de alimentare $U = 0{,}4$ kV.

b) *Faza de construcții-montaj* a *instalațiilor energetice*:

— Montajul cazanelor și al grupurilor începe imediat după organizarea șantierului. Pasul de montaj este mai mic ca șase luni.

— Fenomenele din sistemul de montaj respectă legea Poisson la sosirea și servirea blocurilor de pe platformă. Montajul fiecărui cazan se realizează cu două macarale turn de capacitate adecvată.

— Investițiile specifice și prețurile necesare executării montajului sînt cele în vigoare pentru centrale, stații și linii de mare putere.

c) *Faza de exploatare-dezvoltare* a *instalațiilor energetice*:

— Aportul zilnic de combustibil în centrală este de $B = 15\,680$ t. Ritmul sosirii vagoanelor cu combustibil variază între $\frac{1}{5}$ și $\frac{1}{7}$, iar ritmul servirilor se preconizează a fi cuprins între $\frac{1}{4}$ și $\frac{1}{8}$.

— Se prevăd două estacade și două sisteme de benzi transportoare pentru descărcarea și transportul combustibilului.

— Cheltuielile specifice pentru stocare, așteptare reparații etc. și investițiile specifice aferente se cunosc pe baza datelor proiectării unor instalații de mare putere cu aceleași caracteristici ca și sistemul considerat.

— Centrala are cinci intervale de insucces într-un an cu o durată de $t_{ts} = 20$ h pe cădere, iar costul energiei nelivrate variază între 5 și 50 lei/kWh.

— Retribuția medie anuală a lucrătorilor din centrală, stație și linii electrice variază între 20 000 și 30 000 lei/om și an.

— Structura personalului din centrală arată astfel: muncitori, ingineri, tehnicieni, funcționari și personal tehnico-ajutător. Pe măsura automatizării manevrelor, se trece la policalificarea lucrătorilor și la organizarea resurselor umane în raport cu calitatea muncii depuse.

— Centrala este condusă de patru calculatoare cifrice de proces cîte unul pentru fiecare bloc.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru calcularea indicatorului valoric (Z_i^{pr}) în condiții de restricții impuse la nivelul cercetării-proiectării, montajului și exploatării la o putere dată a sistemului nou se ține seama de cheltuielile și investițiile care intervin pe cele trei faze prin care trece sistemul. Modelele matematice ale cheltuielilor anuale de calcul și ale cheltuielilor totale actualizate se pot scrie astfel:

$$\text{a) } Z_i^{pr} = Z_{cp}^{pr} + Z_{cm}^{pr} + Z_{exd}^{pr} = \sum_i [C_{c+s}^i + C_{as}^i + C_{ep}^i + C_{ord}^i + C_{im}^i +$$

$$+ C_{div}^i + C_{eh}^i + C_{dd}^i] + p_n \sum_i [I_{c+s}^i + I_{as}^i + I_{ep}^i + I_{ord}^i + I_{im}^i +$$

$$+ I_{div}^i + I_{eh}^i + I_{dd}^i] = \text{minim} \qquad (2.53)$$

$$\text{b) } Z_{iac}^{pr} = \sum_k [\sum_j I_j(1 + p_n)^{m-j} + \sum_j C_j(1 + p_n)^{m-j} +$$

$$+ \sum_j D_j(1 + p_n)^{m-j} - \sum_i V_i(1 + p_n)^{m-i}]_k - [R_j^{ac}]$$

Termenii funcției de eficiență (2.53) au diverse ponderi, respectiv valor pe fiecare fază în parte, așa cum rezultă din devizul general al documentației tehnico-economice.

În modelul (2.53 b) intervin următoarele mărimi: Z_{iac}^{pr} sînt cheltuielile totale probabiliste I_j — investițiile efective din anul (j) la care se adaugă după caz investiția de echivalare; C_j — cheltuielile totale la care se adaugă dacă este nevoie valoarea cheltuielilor de echivalare; p_n = coeficientul de eficiență; D_j — valoarea daunelor în anul (j); V_i — venitul net în anul (j) cînd exista puneri parțiale în funcțiune R_j^{ac} — valoarea reziduală a întregii instalații în anul (j) de dezafectare a acesteia de la sistem; m — anul de raportare n — anii de studiu (0,1,2, ... m....n).

Costurile și investițiile specifice pentru puterile și energiile care intervin în calcul, inclusiv cele legate de echivalarea variantelor din punct de vedere energetic, se preiau din normativul PE-011/1975 elaborat de MEE și din anexele decretului 685/1973. Datele de bază ale acestei probleme au fost preluate dintr-o serie de studii elaborate în țară și peste hotare, privind conceperea și realizarea centralelor electrice de mare putere.

Pentru determinarea cheltuielilor totale se pleacă de la cunoașterea următoarelor date:

— costul combustibilului (sisturi bituminoase și lignit)

$$p_c^{sb} = 403 \text{ lei/tcc}; \quad p_c^{gl} = 419 \text{ lei/tcc}.$$

— Investiția specifică variază între 3820 și 8000 lei kWi.

Valoarea maximă se acceptă pentru CTE pe șisturi bituminoase, iar valoarea minimă se recomandă pentru CTE pe lignit. Investiția specifică de echivalare pentru centralele termoelectrice de bază este de 3900 lei/kWi neactualizate și de 4250 lei/kWi pentru investiția specifică actualizată.

— Costul energiei de echivalare este egal cu 0,354 lei/kWh la o durată de funcționare a centralei (4 × 330 MW) egale cu $t_f = 6500$ h/an fără amortizări și fără taxe asupra fondurilor de producție.

— Costul păcurii (1000—1500) lei/tcc

— Indicele de personal: 1—1,57 om/MWi.

— Amortizările utilajului energetic se calculează cu cota de (3,9—5) % din investițiile totale. Cheltuielile pentru tehnica nouă reprezintă 0,5 % din cheltuielile totale.

Scanned with OKEN Scanner

Taxele asupra terenului se calculează ca o cotă de 0,5 % din cheltuielile totale.

— Duratele de utilizare a puterii instalate variază între 6600 și 5500 h/an.

— Treptele de putere a centralei: (3 × 330) MW și (4 × 330) MW.

— Energia electrică livrată la $t_u = 5500$ h/an are următoarele valori: $E_I = 5550$ GWh/an; $E_{II} = 7250$ GWh/an.

— Aplicarea cercetării operaționale la studiul proiectării, montajului și exploatării instalațiilor energetice mărește cuantumul cheltuielilor și a investițiilor cu (5÷10)% pentru fiecare componentă a lui Z_t.

Variantele de amplasare a centralei s-au stabilit în funcție de următoarele condiții:

I — apropierea de resursa primară (V_1;V_2);

II — apropierea de sursa de acumulare a apei de răcire (V_3;V_4)(circuit închis combinat cu circuit deschis);

III — apropierea de o sursă puternică de apă care asigură răcirea numai în circuit deschis (V_5;V_6).

Structura investițiilor pentru cele șase variante (V_1 — V_6) arată astfel:

● $P_I = 3 \times 330$ MW; $t_u = 5500$ h/an:

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
Investiții efective în centrală, 10^6 lei I_{ef}	6770	6703	6416	6511	6149	5960
— Investiții pentru lucrări sociale și culturale, 10^6 lei I_{esc}	52	52	56	56	56	56
Investiții în aducțiunea apei (acumulări, baraje) 10^6 lei I_{ada}	592	528	206	119	76	9,5
— Investiții în stația de conexiuni, linii exterioare și în sistemul energetic, 10^6 lei, $I_{(s+l+s)}$	292	281	278	297	337	303
— Investiții pentru transportul combustibilului, 10^6 lei, I_{tc}	—	—	1146	1091	1491	1534
— Investiții specifice i_{sp}^{med} (6600—8100) lei/kW						
— Investiția totală, 10^6 lei, deterministă I_{td}	7706	7564	8102	8004	8110	7861,5
— Investiția totală probabilistă, 10^6 lei, I_{tp}	6928	6633	7201	7199	7203	7073

● $P_{II} = 4 \times 330$ MW; $t_{ui} = 5500$ h/an.

— Investiția efectivă (10^6 lei), I_{ef}	8523	8317	8148	8384	7878	7469
— Investiții I_{isc}, 10^6 lei	62	62	65	65	65	65
— Investiția I_{ada}, 10^6 lei	592	528	205	119	76	9,5
— Investiția I_{s+l+s}, 10^6 lei	339	330	336	378	424	382
— Investiția I_{tc}, 10^6 lei	—	—	1171	1093	1625	1662
— Investiția specifică (6600—7600) lei/kWi						
— Investiția I_{td}, 10^6 lei	9516	9287	9225	10039	10062	9587,5
— Investiția I_{tp}, 10^6 lei	8565	8314	8932	9035	9055	8630

Cheltuielile de producție se calculează astfel:

— Cheltuielile cu combustibilul

$C_{cI} = E_{p_I} \cdot q_c p_c = 804{,}587 \cdot 10^6$ lei/an; $C_{c_{II}} = E_{p_{II}} q_c p_c = 1100 \cdot 10^6$ lei/an.

— Cheltuielile cu personalul:

$$\left.\begin{aligned} C_{p_I} &= i_p \cdot P_I \cdot r_m = 1{,}57 \cdot 990 \cdot 28 \cdot 10^3 = 43 \cdot 10^6 \text{ lei/an.} \\ C_{p_{II}} &= i_p \cdot P_{II} \cdot r_m = 1{,}57 \cdot 1320 \cdot 28 \cdot 10^3 = 58{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei/an.} \end{aligned}\right\} \quad (2.54)$$

— Cheltuielile pentru amortizări și reparații:

$$\left.\begin{aligned} C_{am_{r_I}} &= (C_{am} + r)\, I_{t_1} = (3{,}92 + 1{,}2) \cdot 10^{-2} \cdot 7564 \cdot 10^6 = 388 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \\ C_{am_{r_{II}}} &= (C_{am} + r)\, I_{t_2} = 5{,}12 \cdot 10^{-2} \cdot 9287 \cdot 10^6 = 475 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{aligned}\right\} \quad (2.55)$$

Cheltuielile rezultate din aplicarea teoriilor cercetării operaționale la proiectarea — montajul și exploatarea instalațiilor energetice.

$$\left.\begin{aligned} C_{ap_I} &= 5 \cdot 10^{-2} \cdot I_{t_1} = 377{,}2\, 10^6 \text{ lei/an}; \\ C_{ap_{II}} &= 5 \cdot 10^{-2}\, I_{t_2} = 464{,}35 \cdot 10^6 \text{lei/an}. \end{aligned}\right\} \quad (2.56)$$

— Cheltuielile diverse (chimicale C_{ch}, materiale auxiliare, C_{am}, tehnică nouă, C_{tn}; taxe asupra terenului C_{tt}, impozit pe beneficiu C_{tfp}):

$$\left.\begin{aligned} C_{cv} &= C_{ch} + C_{aux} + C_{tn} + C_{tt} + C_{tfp} \\ C_{dv} &= 1{,}45 \cdot 10^{-2}\, C_{am} + [42 - 3{,}7 \lg (E_p \cdot 10^{-5})]\, C_{am} \cdot 10^{-2} + 0{,}5 \cdot 10^{-2}\, C_{tfa} + \\ &+ 0{,}5 \cdot 10^{-2}\, C_{tfa} + 4 \cdot 10^{-2}\, I_{fp} = \{10^{-2}\, C_{am}[43{,}45 - 3{,}7 \lg (E_p \cdot 10^{-5})] + \\ &+ 10^{-2}\, C_{tfa} + 4 \cdot 10^{-2}(I_t + I_{fc})\} \end{aligned}\right\} \quad (2.57)$$

Pentru $E_I = 5550$ GWh/an, $E_{II} = 7250$ GWh/an și $I_{fc_I} = 10 \cdot 10^6$ lei, $I_{fc_{II}} = 11 \cdot 10^6$ lei rezultă pentru (C_{dv}) următoarele valori:

$$C_{dv_I} = 426{,}42 \cdot 10^6 \text{ lei/an}; \quad C_{dv_{II}} = 519{,}3 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Cheltuielile totale pentru varianta (V_2) au valorile:

$C_{t_{Id}} = 2039{,}207 \cdot 10^6$ lei/an; $C_{t_{Ip}} = 1820{,}1 \cdot 10^6$ lei/an;

$C_{t_{IId}} = 26117{,}1 \cdot 10^6$ lei/an; $C_{t_{IIp}} = 2380 \cdot 10^6$ lei/an.

Acumulările (A) și *beneficiile* (B) se determină astfel:

$A = (I_{încasări} + C_t)$; $A_I = (I_I - C_{t_I})$; $A_{II} = (I_{II} - C_{tII})$

$B = (A - C_{fpt})$; $B_I = A_I - C_{fpt}$; $B_{II} = A_{II} - C_{fpt}$

Încasările (I_{inc}) se determină față de producția planificată, iar (C_{fpt}) se referă la impozitul pe beneficiu și la teren (t).

Cheltuielile totale deterministe (C_{td}) și cele probabiliste (C_{tp}) determinate pe baza schemei logice din figura (2-2) au pentru variantele $(V_1 — V_6)$ valorile din tabelul 8.

Tabelul 8

C_t \ V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
$C_{td_I}\, 10^6$	2055	2039	2099	2010	2139	2140
$C_{tp_I}\, 10^6$	1830	1820,1	1890	1920	1930	1940
$C_{td_{II}}\, 10^6$	2640	2617,1	2676	2676	2706	2707
$C_{tp_{II}}\, 10^6$	2400	2380	2420	2430	2460	2500

Scanned with OKEN Scanner

Din totalul cheltuielilor, 44 % revine montajului iar 56 % se repartizează pe alte activități.

Dacă anul intrării în funcțiune a centralei electrice este astfel fixat încît ($m = 6$), atunci cheltuielile totale actualizate pentru varianta (V_2) sînt mai mici în cazul aplicării modelului probabilist față de cazul utilizării modelului determinist.

$$\left.\begin{aligned} Z_{i_I}^{d(pr)} &= \sum_i (1 + p_n)^{m-i} [I_{i_I} + C_{i_I}]^{d(pr)} - [R_{i_I}]_{act}^{d(pr)} = \text{minim} \\ Z_{i_{II}}^{d(pr)} &= \sum_i (1 + p_n)^{m-i} [I_{i_{II}} + C_{i_{II}}]^{d(pr)} - [R_{i_{II}}]_{act}^{d(pr)} = \text{minim} \\ Z_{i_I}^{(pr)} &< Z_{i_I}^{(d)}; \quad Z_{i_{II}}^{(pr)} < Z_{i_{II}}^{(d)} \end{aligned}\right\} \qquad (2.58)$$

Varianta (V_2) cu cheltuielile totale cele mai mici se acceptă ca soluție optimă de realizare a centralei.

2. *Sistem cu structură discontinuă.* Pentru studierea dezvoltării secțiilor de producție de serie, din cadrul sistemelor industriale cu structură discretă, se determină cheltuielile cu stocarea (C_s), cu așteptarea C_a, cu uzura și siguranța în funcționare (C_e), cu ordonanțarea fabricației (C_{ord}), cu forța de muncă ($C_{tm} = V_{gl} r_m$), cu amortizarea și cheltuielile generale (C_{amg}), în condiții deterministe și probabiliste de producere a unui set de produse, care permit dezvoltarea fabricației sistemului industrial analizat. Durata de realizare a produselor în varianta deterministă și în varianta probabilistă variază între (550 și 531,5 unități de timp.

Exemplul de testare a modelului matematic (2.2—29) se construiește pe baza structurii cheltuielilor de producție scrise în maniera cercetării operaționale.

Cheltuielile cu stocare se pot scrie astfel:

$$C_s^{pr} = \left[(E_c p_c^e + C_c \cdot p_c^c)(1 - p_f) + t c_s \sum_{c=0}^{s} (s - 0{,}5c)\, p(c) + \right.$$
$$\left. + 0{,}5\, c_s\, s^2 t \sum_{c=s+1}^{\infty} \frac{p(c)}{c} \right] \qquad (2.59)$$

în care: $E_c = P_c t$ este energia electrică consumată; P_c — puterea electrică necesară funcționării receptoarelor pe durata (t); $p_c^e = (0{,}13 \ldots 0{,}2)$ lei/kWh — costul energiei consumate în secțiile de producție ale sistemului considerat; C_c — combustibilul consumat; p_c^c — costul combustibilului; $p_f = (0{,}8 \ldots 1)$ — probabilitatea de funcționare a mașinilor în timpul (t); $p_f = 1$, indică condiții deterministe de funcționare a instalațiilor; $C_s = 1000$ lei; $t = (8760 - t_r)$ h/an; t_r — durata de nefuncționare (reparații, avarii, blocări, lipsa de materiale etc.); s — stocul variabil de materiale $= (1 \ldots 5) p(c)$; $c = (0{,}1 \ldots 3)$; Factorul de simultaneitate al funcționării motoarelor electrice este 0,6, iar al lămpilor electrice este 0,9.

Calculînd cheltuielile cu stocarea în ipoteza costului penuriei resurselor egal cu zero ($c_p = 0$), rezultă în regim probabilist valori mai mici decît în regim determinist și anume, $C_s^{pr} = 29 \cdot 10^3$ lei/an.

Cheltuielile cu așteptarea se calculează cu o relație de forma:

$$C_a^{pr} = \left\{ \left[K_1 \sum_{n=s+1}^{m} (n - S)\, p(n) + K_2 \sum_{n=0}^{s} (S - n)\, p(n) \right] t_a \right\} \text{ [lei/an]} \qquad (2.60)$$

Valorile de calcul ale mărimilor din modelul (2.60) se dau astfel: $k_1 = 500$ lei; $k_2 = 1000$ lei; $n = 100$; $S = 10$; $p(n) = 0{,}2$; t_a = timpul de așteptare a pieselor la cele 100 de operații, plus timpul de așteptare al mașinilor ($S = 10$). Valoarea cheltuielilor în regim probabilist este $C_a^{pr} = 9000$ lei/an.

Cheltuielile cu uzura pieselor și siguranța în funcționare a mașinilor se determină cu o relație de forma:

$$C_e^{pr} = \left[\sum_{f=1}^{p} m_f(c_f + c'_f) + C_{av}\right](1 - p_f) \text{ [lei/an]} \qquad (2.61)$$

în care: m_f reprezintă elementele din lanțul tehnologic = 10 mașini; $(c_f + c'_f)$ — costul unui element avariat se compune din prețul elementului (c_f), plus întreținerea specifică (c'_f) și se evaluează la 1000 lei/buc în condiții normale de procurare a pieselor de rezervă și la 2000 lei/buc cînd procurarea este forțată. Datorită lipsei pieselor din stoc, pierderea de producție în caz de avarie se estimează la 25000 lei. Se presupune că în decursul unui an numărul de avarii este (1—5) avarii, cu o probabilitate $(1 - p_f = q_f)$ de apariție în care: $q_f = (0{,}65\ ,,,\ 0{,}03)$

Rezultatele de calcul se dau tabelul 9

Tabelul 9

Strategia de stocare a pieselor	Numărul pieselor de schimb în stoc	Numărul de avarii (n_a) și probabilitățile lor					Cheltuielile C_{u+SF} [lei/an]
		n_a	0	1	3	5	
		q_f	0,65	0,25	0,06	0,03	
1	0		0	$27 \cdot 10^3$	$81 \cdot 10^3$	$135 \cdot 10^3$	14660
2	1		1000	1000	$55 \cdot 10^3$	$109 \cdot 10^3$	7220
3	3		3000	3000	3000	$57 \cdot 10^3$	4590

Calcularea cheltuielilor totale cu uzura și siguranța în funcționare decurge astfel:

$$C_{e_1}^{pr} = 0(0{,}65) + (25\,000 + 2000)0{,}25 + (3 \times 25 \cdot 10^3 + 3 \times 2 \cdot 10^3)0{,}06 + \\ + 5(25 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3)0{,}03 = 14\,660 \text{ lei/an}$$

$$C_{e_2}^{pr} = 10^3 \cdot 0{,}65 + 10^3 \cdot 0{,}25 + (2 \times 25 \cdot 10^3 + 2 \times 2000 + \\ 1000)\,0{,}06 + (4 \times 25 \cdot 10^3 + 4 \times 2000 + 1000)0{,}03 = 7220 \text{ lei/an} \qquad (2.62)$$

$$C_{e_3}^{pr} = 3 \cdot 10^3 \cdot 0{,}65 + 3 \cdot 10^3 \cdot 0{,}25 + 3 \cdot 10^3 \cdot 0{,}06 + (2 \times 25 \cdot 10^3 + \\ + 2 \times 2000 + 3000)0{,}03 = 4590 \text{ lei/an}$$

Prima strategie (cînd se păstrează zero piese de schimb în stoc) duce la la cele mai mari cheltuieli (10 800 lei/an), cînd pe durata unui an apar între zero și nouă avarii a instalațiilor de producție. La apariția unei avarii rezultă o pagubă de $25 \cdot 10^3$ lei pentru întreruperea producției, plus costul piesei (2000 lei/buc) procurate în condiții de urgență. Dacă numărul de avarii crește la trei, atunci pierderea de producție se triplează ($3 \times 25 \cdot 10^3$ lei), iar costul pieselor necesare a fi înlocuite este de (3×2000 lei). În cazul a cinci avarii pierderea

Scanned with OKEN Scanner

producției este de ($5 \times 25 \cdot 10^3$ lei), iar costul pieselor se ridică la ($5 \times 2\,000$ lei).

Calculul cheltuielilor (C_o^{pr}) pentru celelalte două strategii, cînd se păstrează în stoc (1—3) piese de schimb, se face la fel ca în prima strategie. Varianta optimă rezultă în cazul cînd în depozit se păstrează trei piese de schimb. Dacă numărul pieselor de schimb din depozit crește, atunci la stabilirea cheltuielilor cu uzura și siguranța în funcționare se ține seama de cheltuielile cu stocarea. Minimizarea cheltuielilor cu uzura și cu stocarea duce la stabilirea lotului optim de piese de rezervă ce se poate păstra în depozit.

Cheltuielile cu ordonanțarea fabricației se determină astfel:

$$C_o^{pr} = \sum_v \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l t_{vijkl} X_{vijkl} C_{vijkl} = 550 \times 10^3 = 550\,000 \text{ lei/an} \qquad (2.63)$$

Valoarea cheltuielilor (C_{ord}^{pr}) s-a determinat cunoscînd timpul (t_{vijkl}) de realizare a producției (1), a pieselor componente (k), a numărului de mașini ($j = 10$), a operațiilor executate (i) în diverse sectoare tehnologice (v); t_{vijkl} = timpul de realizare a unui produs, X_{vijkl} = numărul de produse.; C_{vijkl} = costul prelucrării (lei/ut) = 10^3 lei/oră pentru întregul program considerat.

Cheltuielile cu ingineria umană sub aspectul retribuției și pregătirii lucrătorilor se determină astfel:

$$C_{im}^{(pr)} = \sum_g \sum_l V_{gl}^{pr} r_m = (Y_h \cdot t_1)^{pr} r_m = (\sum_g \sum_l n_{gl} \cdot X_{gl})^{pr} r_m \text{ (lei/an)} \qquad (2.64)$$

în care: r_m ste retribuția medie anuală = $20 \cdot 10^3$ lei; V_{gl} — volumul de muncă pentru profesia (l) și locul de muncă (g); Y_h — numărul total de lucrători; t_1 — regimul de lucru al secției; n_{gl} — normele de producție; numărul de lucrători necesari egal cu 20 muncitori cîte 10 pe schimb, un tehnician și un inginer. Cheltuielile anuale cu forța de muncă se cifrează la $440 \cdot 10^3$ lei.

Cheltuielile generale (G), *cheltuielile cu amortizarea* (a) și *cu decizia* (d) se calculează pe baza cotelor (p_G), (p_a), (p_d) aplicate investițiilor $I_t = 20 \cdot 10^6$ lei. Considerînd $p_G = 0{,}15$; $p_a = 0{,}07$; $p_d = 0{,}01$, se obțin următoarele cheltuieli

$$\left.\begin{aligned} C_{G+a+d} &= 0{,}23 \cdot I_t = 0{,}23 \cdot 20 \cdot 10^6 = 4{,}6 \cdot 10^6 \text{ lei/an.} \\ Z_i^{pr} &= (5631 \cdot 10^3 + p_n \cdot I_t) = 5631 \times 10^3 + 0{,}2 \cdot 20 \cdot 10^6 = \\ &= 9{,}631 \cdot 10^6 \text{ lei/an} \end{aligned}\right\} \qquad (2.65)$$

Secția se realizează într-un an și ca urmare nu se consideră în calcul efectul de blocaj al investițiilor eșalonate. Calculele arată că $Z_i^{pr} < Z_i^d$, ceea ce justifică recomandarea unor autori de a se lucra (la stabilirea variantelor de realizare a obiectivelor) cu modele matematice probabiliste.

Funcția de sinteză pe care se construiește *decizia* se determină cu o relație de forma:

$$F_S = [\sum_i \sum_j (K_{d_{ij}} Z_{ji} + b_{ij})] \text{ [lei/an]} \qquad (2.66)$$

în care: $K_{d_{ij}}$ este coeficientul de decizie pentru realizarea produselor (i) pe mașinile (j); Z_{ij} — cheltuielile anuale; b_{ij} — beneficiul.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea relației (2.66) se face în condiții restrictive impuse de folosirea capacității integrale a mașinilor, atît intensiv cît și extensiv și respectarea atît a restricțiilor de succesiune logică a pieselor pe mașini, cît și a condițiilor de neinterverență a operațiilor de prelucrare a pieselor.

2.2. Modele în teoria stocurilor și așteptării

2.2.1. Modele matematice în teoria stocurilor

Aplicarea teoriei stocurilor la optimizarea gestiunii resurselor materiale se face în ideea aprovizionării sistemelor economico-inginerești cu resurse suficiente din punct de vedere calitativ și cantitativ. Cantitățile de resurse materiale necesare producției unui sistem economico-ingineresc se calculează în funcție de consumurile specifice ale diverselor tipuri de produse cuprinse în plan, la care se adaugă pierderile tehnologice și cele de organizare a depozitului și a transportului. Aceste calcule permit stabilirea stocurilor curente și a celor de rezervă (siguranță). Dimensionarea stocurilor trebuie realizată în ideea ca cheltuielile de gestiune a resurselor să fie minime. Nivelul stocurilor este direct influențat de caracterul determinist și/sau probabilist al cererii de resurse. Acest caracter se regăsește și la nivelul aprovizionării întregului sistem, ceea ce imprimă gestiunii resurselor un caracter complex, care se poate modela cu relații deterministe și/sau probabiliste ale cercetării operaționale.

Stocul optim se calculează pentru unul sau mai multe produse cu și fără luarea în considerare a penuriei (lipsei de resurse din cauza întreruperii aprovizionării). În acest scop se pot determina cheltuielile cu gestiunea resurselor întregul lanț tehnologic din cadrul sistemului analizat. Derivarea cheltuielile totale în funcție de cantitatea de resurse cuprinsă într-o comandă (cerere de aprovizionare) și anularea derivatei duce la relații de calcul ale stocului optim în condiții de certitudine și incertitudine ale aprovizionării sistemului de producție studiat.

Stocul, fiind o rezervă de materii prime, produse finite și piese destinate producției, respectiv vînzării, reclamă cheltuieli de stocare, lansare și penurie. Aceste cheltuieli se fac cu scopul regularizării producției în cazul unor cereri aleatorii, micșorării riscului datorită penuriei (ruperii) stocurilor și îmbunătățirii organizării producției. Cheltuielile cu stocarea resurselor pot avea caracter determinist și/sau probabilist.

● *Modelul matematic domenial* pentru optimizarea resurselor materiale la nivelul sistemului economico-ingineresc, în *maniera deterministă*, se poate scrie astfel:

$$Z_s^d = \sum_i (1 + p_n)^{-i} (C_{si}^d + I_{si}^d) = \sum_i [1 + p_n]^{-i} \left[\frac{N_i c_{li}}{n_i} + 0{,}5 \cdot t \cdot c_{si} n_i)^d + p_n I_s^d \right] \tag{2.67}$$

în care: Z_s^d sînt cheltuielile de calcul pe durata (t) a gestiunii stocurilor exprimate în manieră deterministă (d); C_s^d — cheltuielile de exploatare a instalațiilor de gestiune inclusiv cele pentru forța de muncă; p_n — coeficientul de eficiență economică a investițiilor (I_{si}); N_i — planul anual de producție; c_l — cheltuielile unitare de lansare; n_i — numărul de piese sau cantitatea de resurse cuprinsă într-o comandă; c_{si} — cheltuielile unitare cu stocarea resurselor.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se derivează Z_s^d în raport cu (n_i) și se egalează cu zero rezultatul, se obțin în condiții deterministe pentru stocul optim relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a)}\ n_{opt\,i} = \left(\frac{N_i c_i}{0{,}5t\ c_{si}}\right)^{1/2};\quad t_{r_i} = \frac{n_{opt\,i}\cdot t}{N_i}. \\ &\text{b)}\ n_{opt\,k} = n_{opt\,i}\left(\frac{c_s + c_p}{c_p}\right)^{1/2};\ t_{r_k} = t_{r_i}\left(\frac{c_s + c_p}{c_p}\right)^{1/2}. \end{aligned}\right\} \tag{2.68}$$

Relațiile (2.68) permit calcularea stocului optim $(n_{opt\,k})$ și a duratei de aprovizionare (t_{rk}) în cazul cînd se ia în considerație costul penuriei.

● *Modelele probabiliste* în teoria stocurilor operează cu funcții de eficiență de forma:

$$Z_s^{(pr)} = Z_{act}^{cr} + Z_{act}^{ap} + Z_{act}^{ps} = (I_{act}^{(cr+ap+ps)} + C_{act}^{(cr+ap+ps)} - R_{act}^{s}) \tag{2.69}$$

Cheltuielile totale actualizate în teoria stocurilor și în maniera cercetării operaționale se pot calcula cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} Z_{act}^{cr} &= \sum_i (1 + p_n)^{-i}\left[t_s c_s \sum_{c=1}\left(s - \frac{c}{2}\right) p(c) + p_{cr} I_s^{cr}\right] - R_{act}^{cr} \\ Z_{act}^{ap} &= \sum_i (1 + p_n)^{-i}\left[t_s c_s \sum_{c=s+1} \frac{0{,}5s^2}{2} p(c) + p_{ap} I_s^{ap}\right] - R_{act}^{ap} \\ Z_{act}^{ps} &= \sum_i (1 + p_n)^{-i}\left[t_p \cdot c_p \sum_{c=s+1} \frac{0{,}5(c-s)^2}{c} p(c) + p_{ps} \cdot I_s^{ps}\right] - R_{act}^{ps} \end{aligned}\right\} \tag{2.70}$$

Pentru sisteme de variabilă continuă sumele din relațiile (2.70) se transformă în integrale.

Mărimile din relațiile (2.69) și (2.70) au următoarea seminificație:
Z_{act}^{cr} sînt cheltuielile totale actualizate pentru consumul curent de resurse (cr); Z_{act}^{ap} — cheltuielile totale actualizate pentru aportul de resurse în depozit (ap); Z_{act}^{ps} — cheltuielile totale actualizate pentru ruperea stocurilor;
I_{act}; C_{act}; R_{act} — investițiile, cheltuielile și valoarea reziduală a instalațiilor de la nivelul gestiunii stocurilor; t_s, t_p — timpii de stocare (t_s) și respectiv de penurie (t_p); c_s; c_p — costurile unitare pentru stocarea (cs) și penuria resurselor (cp); s; c — stocul (s) și cererea (c) de resurse; p_{cr}; p_{ap}; p_{ps} — probabilitățile de realizare a investițiilor la nivelul stocurilor curente, a aportului de resurse și a penuriei; p_n — coeficientul de eficiență economică = (0,08) $((an^{-1})$.

● *Pentru optimizarea rezervelor de resurse* se particularizează modelele descrise de relațiile (2.69) și (2.70) pentru cazul $(s > c)$ și $(s < c)$ și se obțin relațiile propuse de Oscar Lange, sub forma:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a)}\ Z_{s_d}^{(pr)} = \sum_i [1 + p_n]^{-i}\left\{\frac{p_a Q_d}{n} + c_s\left[\frac{n}{2} + \sum_s (s - c)\, p(c)\right] + \right. \\ &\qquad \left. + [c_p \sum_c (c - s)\, p(c)] + I_{s_d}^{(pr)}\right\}_i \\ &\text{b)}\ Z_{s_c}^{(pr)} = \sum_i [1 + p_n]^{-i}\left\{\frac{p_a Q_c}{n} + c_s\left[\frac{n}{2} + \int_0^s (s - c)\, p(c)\, d(c)\right] + \right. \\ &\qquad \left. + \left[c_p \int_s^{\infty} (c - s)\, p(c)\, \mathrm{d}(c)\right] + I_{s_c}^{(pr)}\right\}_i \end{aligned}\right\} \tag{2.71}$$

în care: Q_a și Q_c reprezintă planurile anuale de producție. Derivînd în raport cu (n) modelele în ipoteza $c_p = 0$ și anulînd derivata, se obțin pentru comenzile optime (n_{opt}) de resurse, expresii de forma:

$$\left.\begin{aligned} n_{opt\,a} &= \left[\left(\frac{p_a Q_a}{0{,}5 c_s}\right)_a^{1/2} + K_a \sigma_a\right]; \\ n_{opt\,c} &= \left[\left(\frac{p_a Q_c}{0{,}5\, c_s}\right)^{1/2} + (0{,}5 - c_r)\,(V^c_{\max} - V^c_{\min})\right] \end{aligned}\right\} \qquad (2.72)$$

în care: $K_a = (1{,}64 \ldots 2{,}33)$ în cazul unei repartiții normale a cererii de resurse; σ_a — abaterea medie pătratică; c_r — coeficientul de risc; $V^c_{\max}$, $V^c_{\min}$ — valorile maximă și minimă a consumului de resurse.

În practică se lucrează cu coeficienți de risc (c_r) pentru care cheltuielile totale de depozitare sînt relativ scăzute față de cheltuielile ocazionate de valorile maxime ale coeficienților de încredere $(c_i = 1 - c_r)$.

Determinarea rezervelor de resurse (cărbune) în cazul centralelor electrice considerate sisteme de producție cu structura continuă, se face pe baza corelării cantităților de combustibil solid din depozitul central cu aportul de resurse din exterior și cu rezerva tampon din sala buncărelor ținînd seama de cererea aleatorie de energie solicitată de sistemul energetic. Stocul de combustibil din depozitul central cuprinde o rezervă de cărbune care poate alimenta centrala circa 15 zile. Stocul din buncăre asigură alimentarea cazanelor pe o durată de (4—16) ore în cazul întreruperii legăturii (căderea benzilor de alimentare) cu depozitul central. Rezerva de resurse va cuprinde un stoc de siguranță în depozitul centralei și un stoc curent care este preluat de centrală. Stocul curent va cuprinde combustibilul din buncăre și combustibilul consumat efectiv de centrală pe durata funcționării ei. Deci în buncăr se formează o rezervă care se folosește la asigurarea funcționării centralei cînd benzile transportoare nu funcționează.

Rezerva de resurse se dimensionează cu o relație de forma:

$$\left.\begin{aligned} R_t &= \left(\frac{B_t}{24} h_b + c_r \cdot \sqrt{\frac{1}{24}\sum_i (B_i - \bar{B}_i)^2}\right); \\ B_i &= B_{i-1} \pm \Delta B, \end{aligned}\right\} \qquad (2.73)$$

în care: B_t este cantitatea de combustibil necesară centralei timp de 24 ore; $h_b = 8$ numărul de ore dintr-un schimb); ΔB — aportul sau micșorarea combustibilului la creșterea sau scăderea sarcinii centralei în timp de 24 h; B_{i-1} — necesarul de combustibil la starea $(i - 1)$ prin care trece centrala, anterioară stării (i) pentru care se face calculul.

Volumul clădit al buncărului se calculează astfel:

$$V_b = \frac{1}{\gamma_c}\left[t(q_t - md) + h_r \cdot c_r \sqrt{\frac{1}{24}\sum_i (B_i - \bar{B}_i)^2}\right] \ [\mathrm{m}^3] \qquad (2.74)$$

în care: γ_c este greutatea volumetrică a cărbunelui; t — timpul de umplere al buncărului; q_t — debitul transportat de benzi pentru starea (t) de funcționare a centralei electrice; m — numărul morilor care macină cărbunele; d — debitul unei mori (t/h); h_r — perioada de funcționare a centralei cu rezerva de risc;

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se determină volumul clădit al buncărelor la o centrală de 1000 MW rezultă o economie de circa 20% pe calea modelelor teoriei stocurilor față de metodele tradiționale aplicate în proiectarea centralelor electrice de mare putere.

● *Gestiunea optimă a stocurilor.* Schema logică pentru gestiunea optimă a stocurilor se poate urmări pe fig. 2.4.

Analizînd rolurile stocurilor în producție se remarcă atît funcția de regularizare a concordanței dintre cererea aleatorie a consumatorilor și posibilitățile producției, cît și funcția de prevedere a unor impedimente de aprovizionare și a unor defecțiuni organizatorice de transport și depozitare. Gestiunea optimă a resurselor implică atît eliminarea stocurilor supranormative, micșorarea costurilor de stocaj și penurie precum și crearea condițiilor de reducere a costului producției de la nivelul întregului sistem.

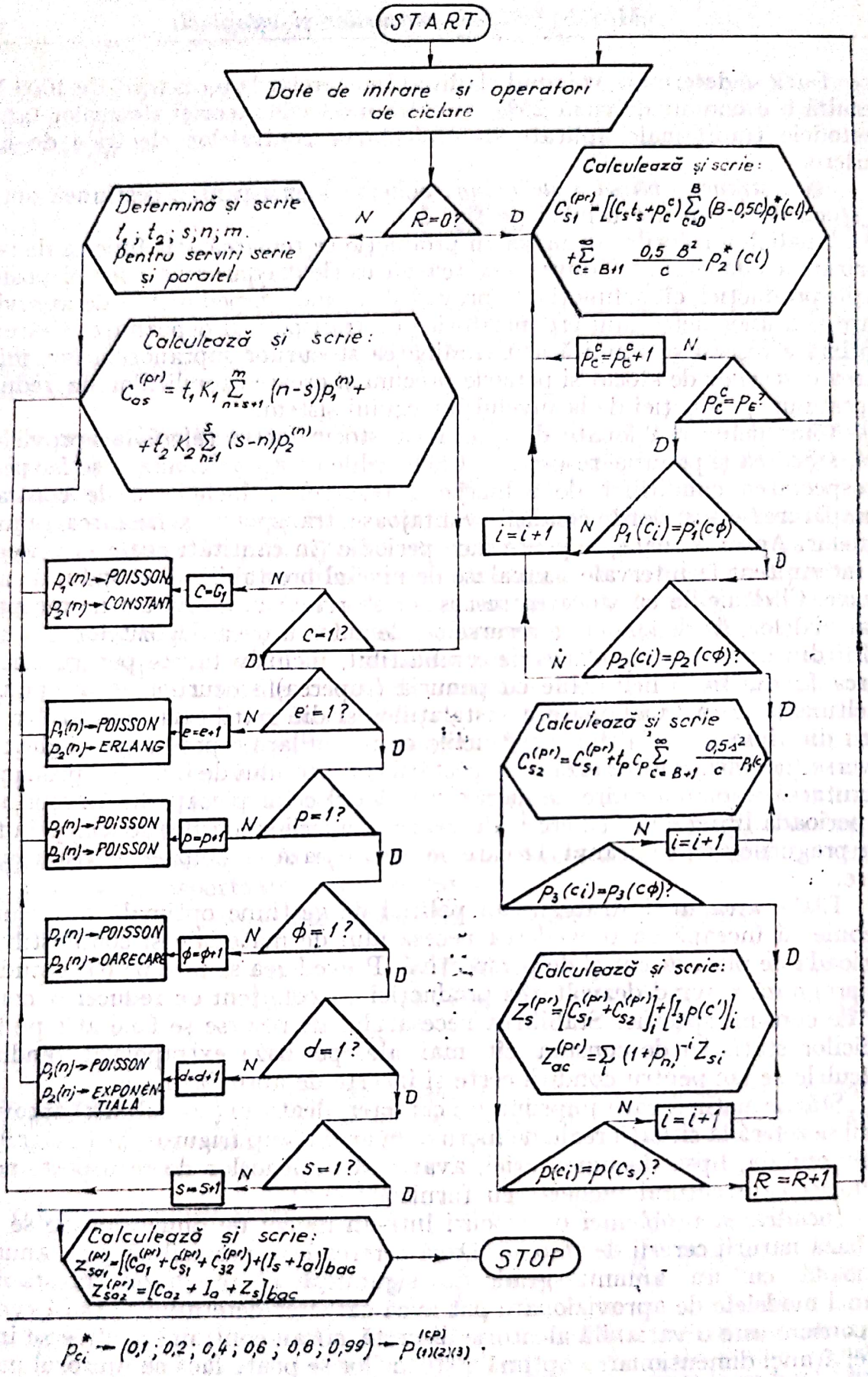
Cheltuielile ocazionate de gestiunea stocurilor se referă la aprovizionarea, stocarea și penuria resurselor. Cheltuielile cu aprovizionarea se fac pentru prospectarea condițiilor de achiziție a resurselor, încheierea de contracte, cumpărarea resurselor în condiții avantajoase, transportul și descărcarea materialelor. Aprovizionare, se poate face periodic (în cantități egale sau neegale) și intermitent la intervale semnalate de nivelul prestabilit al stocului de avertizare. Cheltuielile cu stocarea resurselor se referă la activități de recepție a materialelor, de depozitare a resurselor, de amortizare a depozitelor și a utilajului din dotarea gospodăriei de combustibil, inclusiv taxele pentru imobilizarea fondurilor. Cheltuielile cu penuria (ruperea) stocurilor se compun din cheltuielile de nefuncționare a instalațiilor și din retribuția lucrătorilor care stau din lipsa materialelor, cheltuielile de reprofilare a producției și cheltuieli diverse (penalizări din cauza nerespectării contractului de livrare a producției; recrutarea unor noi cadre de lucrători în locul celor plecați din întreprindere în perioada lipsei de lucru etc.). Prevenirea ruperii stocurilor se face prin fixarea pragurilor de siguranță la care se declanșează comenzile de reaprovizionare.

Elaborarea unei strategii sau politici de gestiune optimală a stocurilor trebuie să înceapă cu prevederea necesarului de materiale și combustibil pe perioada de plan curent și de perspectivă. Prevederea se face pe baza studiilor de prognoză privind dezvoltarea producției concomitent cu reducerea normelor de consum specific. Stabilirea necesarului de resurse se face atît pe baza indicilor statistici de consum cît mai ales pe baza extrapolării tendinței. Calculele se fac pentru condiții certe și incerte de aprovizionare.

Stările naturii care imprimă un caracter aleatoriu (probabilist) aprovizionării se referă la situații reale de lucru cum ar fi (timp friguros, forța de muncă indisponibilă, lipsa documentației, avarierea mijloacelor de transport, nerespectarea contractului încheiat cu furnizorii etc.).

Încadrarea problemei de stocuri într-un model de dimensionare se face pe baza naturii cererii de resurse. Dacă cererea este previzibilă pe o anumită perioadă cu un anumit grad de siguranță al prognozei prestabilite, atunci modelele de aprovizionare pot avea caracter determinist. Dacă cererea de consum este o variabilă aleatorie discretă și/sau continuă pe diverse intervale, atunci dimensionarea optimă a stocurilor se poate face cu ajutorul modelelor matematice probabiliste. Modelele deterministe operează cu metode de

Scanned with OKEN Scanner



$p_{ci}^* \leftarrow (0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,99) \leftarrow p_{(1)(2)(3)}^{(cp)}$.

Fig. 2.4. Schema logică de calcul al așteptării și stocării.

Scanned with OKEN Scanner

aprovizionare în rafale egale, consum continuu și uniform. Modelele probabiliste se construiesc și se aplică în cazul aprovizionării inegale atît ca durată între comenzi cît și ca volum de resurse.

2.2.2. Modele matematice în teoria așteptării

Pentru a modela un fenomen de așteptare din cadrul unui sistem economico-ingineresc trebuie analizate următoarele probleme:

— Caracteristicicele fenomenului de așteptare cum ar fi: timpul de deservire, timpul de așteptare, numărul de unități care așteaptă, intervalele de timp dintre sosire și intervalele de timp între serviri; probabilitățile sosirilor și servirilor unităților în sistem, probabilitățile de așteptare și restricțiile impuse de sistem.

— Schemele de așteptare pot fi în circuit închis sau în circuit deschis. În ultimul caz unitățile părăsesc sistemul fără a se întoarce la punctul de intrare. Schemele de servire se pot organiza în serie, în paralel și în serie-paralel. Disciplina de servire poate fi „primul venit, primul servit" disciplina prin excepție și disciplina după gradul de urgență.

— Grupurile funcționale ale așteptării cum ar fi: sursele care generează și trimit în sistem unități după anumite legi de probabilitate, firele sau cozile de așteptare care se formează din cauza neregularităților dintre sosiri și serviri și fenomenele de servire care pot fi individuale, în grup și serviri în masă.

Așteptarea se regăsește în sistemele industriale sub diverse forme și anume: așteptarea pieselor în fața mașinilor pentru a fi prelucrate, așteptarea utilajului destinat reparării de către echipele specializate de mecanici, așteptarea pe care o suportă vagoanele cu combustibil pînă a fi descărcate în depozitul unei centrale electrice, ciclul lung de așteptare a ideilor originale pînă la aplicarea lor în vederea asimilării de noi produse, așteptarea ansamblurilor pentru montajul cazanelor, turbinelor, generatoarelor etc. Optimizarea funcționării sistemelor în care apar fenomene de așteptare se poate realiza *minimizînd cheltuielile de producție* în condiții restrictive impuse și de aceste fenomene.

În vederea acestui scop se studiază structurile raționale pentru fluxul de intrare, pentru cozile de așteptare, în ideea ca funcționarea stațiilor de deservire să se coordoneze (sub aspect calitativ și cantitativ) cu cerințele beneficiarilor.

Datorită imposibilității de a cere clienților externi sistemului formularea obligatorie a serviciilor, fluxul sosirilor și durata servirilor au în majoritatea cazurilor un caracter probabilist.

Fluxul de intrare și cel de servire se poate caracteriza prin mărimile (λ; μ și ψ) și prin legile de probabilitate a sosirilor la un ritm (λ) și a legilor care guvernează intervalele sosiri-serviri. Prin (ψ) s-a notat factorul de serviciu definit ca raportul dintre ritmul sosirilor (λ) și ritmul servirilor (μ) al unităților din schema de așteptare analizată. Numărul unităților din fluxul de intrare și al celor din sistem poate fi finit sau infinit.

Scanned with OKEN Scanner

Schemele de așteptare pot fi cu și fără pierderi. Schemele cu pierderi care reproduc cît mai fidel situațiile reale pot fi cu refuzuri directe și cu refuzuri întîrziate. În cazul schemelor cu refuzuri directe unitatea solicitantă care sosește în sistem observă că stația de servire este ocupată și neavînd timp să aștepte părăsește sistemul fără să mai revină vreodată la punctul de intrare în sistem. La aplicarea schemelor cu refuzuri întîrziate unitatea solicitantă, dispunînd de un anumit timp pentru așteptare, se așează la rînd și dacă nu este servită în acest interval de timp părăsește sistemul. Număul de unități în sistemul economic-ingineresc poate fi finit sau infinit. În cele ce urmează vom dezvolta analiza schemelor de așteptare cu un număr finit de clienți în sistem și ne vom referi pe scurt la cazurile cînd numărul populației solicitante este infinit.

Schemele de așteptare cele mai des întîlnite în practică sînt următoarele: un fir de așteptare format în fața unui complex de servire compus din unul, două sau mai multe stații; mai multe fire de așteptare și mai multe stații de servire. Sosirile și servirile pot prezenta două situații extreme și anume; sosiri și seriviri constante; sosiri și serviri aleatorii în regim staționar și nestaționar. Situațiile care mai pot apărea sînt combinații ale celor două cazuri extreme și anume: sosiri aleatorii — serviri constante și sosiri constante —serviri aleatorii.

Modelele matematice care îmbracă fenomenele de așteptare pot avea caracter determinist și/sau probabilist și se pot construi pentru sisteme cu structuri discrete și/sau continue. Legile de repartiție ale variabilelor discrete sînt de tip Poisson, Pascal, Bernoulli, Erlang etc., iar cele pentru variabile continue sînt de tip Student, Fischer, Betta, Weibull etc. Cînd practica cere aplicarea unor distribuții cu mai multe variabile, atunci probabilitatea se calculează cu relații de tip Dirichlet, Wishart, Pareta etc.

Cheltuielile generale de așteptare la nivelul unui sistem industrial se determină cu relații de forma (12; 33[:

$$\left.\begin{aligned} Z_{act}^{(pr)} &= Z_{act}^{(n)} + Z_{act}^{(s)} = [I_{act}^{(n+s)} + C_{act}^{(n+s)} - R_{act}^{(n+s)}] \\ Z_{act}^{(n)} &= \sum_i \left[T \cdot k_1 \sum_{n=s+1}^{\infty} (n - S)\, p(n) + \sum_j p_{aj} I_{aj}^{(n)} \right] [1 + p_n]^{-i} \\ Z_{act}^{(s)} &= \sum_i \left[T k_2 \sum_{n=0}^{\infty} (S - n)\, p(n) + \sum_j p_{aj} I_{aj}^{(s)} \right] [1 + p_n]^{-i} \end{aligned}\right\} \quad (2.75)$$

în care: $Z_{act}^{(pr)}$ sînt cheltuielile totale de așteptare a unităților (n) și a stațiilor (S). $Z_{act}^{(n)}$ — cheltuielile actualizate pe perioada (i) cît așteaptă unitățile (n) în sistem; $Z_{act}^{(s)}$ — cheltuielile actualizate de așteptare a stațiilor (s) pe perioada (i);

T — timpul total de funcționare a schemei de așteptare K_1; K_2 — costurile unitare de așteptare pentru unitățile din fir (K_1) și pentru stații (K_2); S — numărul de stații pentru deservire; n — numărul unităților din firul de așteptare; m — numărul unităților din schema de așteptare; p_n — coeficientul de eficiență economică; $I_{aj}^{(pr)}$ — investiția pentru utilajul necesar deservirii unităților în așteptare; $p(n)$ — probabilitatea cererii de unități (n) formulată de beneficiar; p_a — probabilitatea realizării investițiilor I_a.

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile de calcul al așteptării (2.75) se pot scrie sub diverse forme operative după cum urmează:

$$\left.\begin{aligned}
Z_{a_d}^{(1)} &= \sum_i [(K_1\bar{v} + K_2\bar{p})\,T + p_a I_a^{(1)}]\, b_{ac_i} \\
Z_{a_d}^{(2)} &= \sum_i [K_1\lambda t_f + K_2(S-\psi)]\,T + \sum_j p_{a_j} I_{a_{jd}}^{(2)}]\,[1+p_n]^{-t} = \text{minim.} \\
Z_{a_d}^{(3)} &= \sum_i [(K_1 t_s + K_2\mu)\,T + \sum_j p_{a_j} I_{a_{jd}}^{(3)}]\, b_{ac_i}; \\
Z_{a_d}^{(4)} &= \sum_i \left[\left(\frac{K_1}{\lambda-\mu} + K_2\mu\right)T + \sum_j p_{a_j} I_{a_{jd}}^{(4)}\right][1+p_n]^{-t} = \text{minim.} \\
Z_{a_d}^{(5)} &= \sum_i \left\{\left[K_1 n t_f + K_2\left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right)\right]T + \sum_j p_{a_j} I_{a_{dj}}^{(5)}\right\}[1+p_n]^{-t} = \text{minim.}
\end{aligned}\right\} \quad (2.76)$$

în care: $\bar{v}$ este numărul mediu de unități în șirul de așteptare; $\bar{p}$ — valoarea medie a inactivității stațiilor de servire ; t_f, t_s — timpii de așteptare în fir (t_f), respectiv în sistem (t_s) ca valori medii.

Mărimile din structura relațiilor (2.75)(2.76) se determină în baza rezolvării modelelor de viață și moarte scrise în regim staționar sub forma:

a) *Servire cu o singură stație (populație finită)*

$$\left.\begin{aligned}
&\lambda p(n-1) - (\lambda+\mu)\,p(n) + \mu p(n+1) = 0 && \text{pentru } n \geqslant 1 \\
&\mu p(1) - \lambda p(0) = 0 && \text{pentru } n = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (2.77)$$

în care: $p(n-1)$ este probabilitatea ca din sistem să plece o unitate și să nu sosească nici o unitate din afară; $p(n)$ — probabilitatea ca în sistem să nu existe nici o plecare și nici o sosire față de numărul (n) de unități existent la un moment dat; $p(n+1)$ — probabilitatea ca în sistem să sosească o unitate suplimentară, dar să nu plece nici una în afară; $p(1)$, $p(0)$ — probabilitatea de-a avea o unitate în sistem, $p(1)$ și respectiv zero unități în sistem $p(0)$.

Soluția ecuațiilor (2.77) se poate stabili relativ simplu considerînd că ritmul sosirilor este constant iar ritmul servirilor este proporțional cu numărul (n) al unităților din așteptare și din zona de servire, ceea ce duce la o relație de forma:

$$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot e^{-\lambda/\mu} \cdot \frac{1}{n!}; \quad (pn) = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!}\,p(0). \quad (2.78)$$

b) *Servire cu mai multe stații (populație finită)*

$$\left.\begin{aligned}
&(\lambda + n\eta)\,p(n) - \lambda p(n-1) - (n+1)\,\mu p(n+1) = 0; && 1 \leqslant n < S \\
&(\lambda + S\mu)\,p(n) - \lambda p(n-1) - S\mu p(n+1) = 0\,. && n \geqslant S
\end{aligned}\right\} \quad (2.79)$$

Soluțiile ecuațiilor (2.79) se pot scrie sub următoarea formă:

$$\left.\begin{aligned}
p(n) &= p(0)\cdot\frac{S^n\cdot\psi^n}{n!} && \text{pentru} \quad 1 \leqslant n < S \\
p(n) &= p(0)\cdot\frac{S^s\cdot\psi^n}{S!} && \text{pentru} \quad n \geqslant S
\end{aligned}\right\} \quad (2.80)$$

Sistemele de producție cu locuri limitate de așteptare sau care reclamă timpi de așteptare mai mari decît timpii disponibili ai clienților operează cu scheme de așteptare cu restricții sau cu pierderi. În asemenea cazuri, cînd unitățile (clienții) nu au timp suficient să aștepte pînă la servire, ele părăsesc sistemul fără a fi servite. Preîntîmpinarea unor asemenea neajunsuri se poate

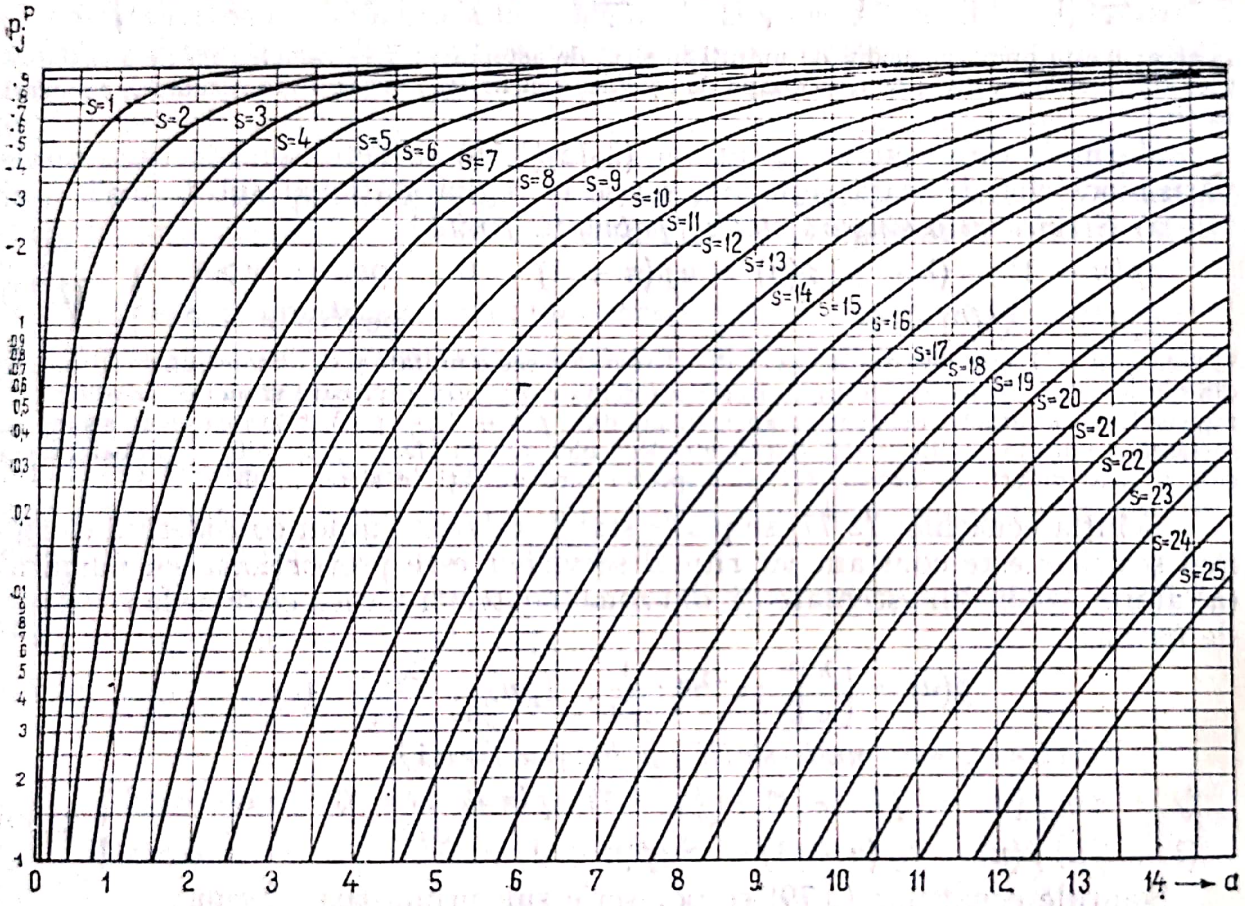
Scanned with OKEN Scanner

face prin determinarea numărului de stații în funcție de distribuția care guvernează sosirile și servirile și în funcție de încărcarea medie pe sistem într-un moment dat.

Curbele pentru determinarea numărului de stații de servire în cazul cunoașterii legilor care guvernează intrările în sistem și în cazul predeterminării programului de lucru (interior și exterior) la nivelul sistemului se pot urmări în fig. 2.5, 2.6, 2.7 și 2.8.

În cazul sosirilor și servirior de tip Poisson se pot folosi, la calculul numărului de stații, nomogramele din fig. 2.5 și 2.6 atît pentru încărcări aferente seturilor de stații $S = 1 \ldots 25$, cît și pentru $S = 5 \ldots 100$.

Dintre modelele de așteptare cu restricții, reținatenția cele cu timp de așteptare în șir și cele cu șir de așteptare limitat. Dacă pentru primele tipuri nomo-



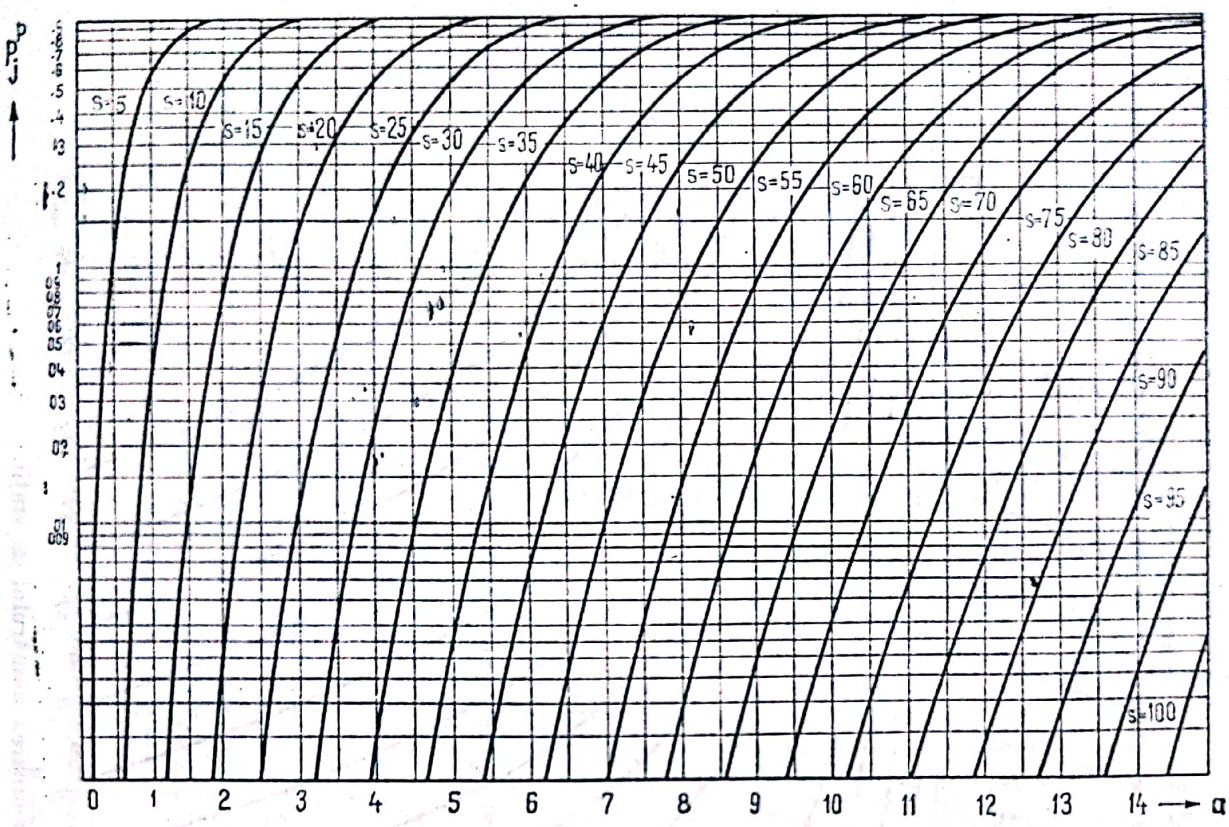
NOMOGRAMĂ

pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a) în cazul sosirilor și servirilor tip Poisson:

$$P_j^p = \frac{(\lambda/\mu)^n/n!}{\sum_{k=0}^{s}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k/k!} = f(a)$$

– numărul de stații, s = 1...25
– unitățile părăsesc sistemul după un timp oarecare

Fig. 2.5. Nomograme pentru determinarea numărului de stații (S) în cazul sistemelor de așteptare cu pierderi.



NOMOGRAMĂ

Pentru determinarea numărului de staţii (s), funcţie de volumul de lucrări (a), în cazul intrărilor şi servirilor de tip Poisson :

$$P_j^P = \frac{(\lambda/\mu)^n/n!}{\sum_{K=0}^{s}(\lambda/\mu)^K/K!} = f(a)$$

— numărul de staţii s = 5...100
— unităţile părăsesc sistemul după un timp oarecare

Fig. 2.6. Nomograme pentru determinarea numărului de staţii.

gramele fig. 2.7 şi 2.8 pot soluţiona problema servirilor, atunci pentru ultimul tip se pot calcula cheltuielile de aşteptare cu modelele (2.75 şi 2.76), în care mărimile ($p(n)$, n, m şi t_f) se determină astfel:

— O singură staţie de servire:

$$\left.\begin{aligned} p(n) &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{(\mu-\lambda)}{\mu\left[1-\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{m+1}\right]}; \\ m &= \frac{\lambda}{\mu}\left(1+\frac{\lambda}{\mu}\right); \quad n = \left(1+\frac{\lambda}{\mu}\right) \quad \text{pentru } \frac{\lambda}{\mu} < 1; \\ t_f &= \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)^2}\left[\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{m+1} - 2\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m + 1\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (2.81)$$

NOMOGRAMA

pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a). Formula I Erlang pentru sisteme cu restricții (pierderi)

$$p_j(s,a) = \frac{a^s/s!}{\sum_{k=0}^{s}(a^k/k!)} = f(\lambda t_s = a)$$

$p_j^{(s,a)}$ – numărul de stații, $s = 5 \div 80$ – intrări Poisson, serviri oarecare

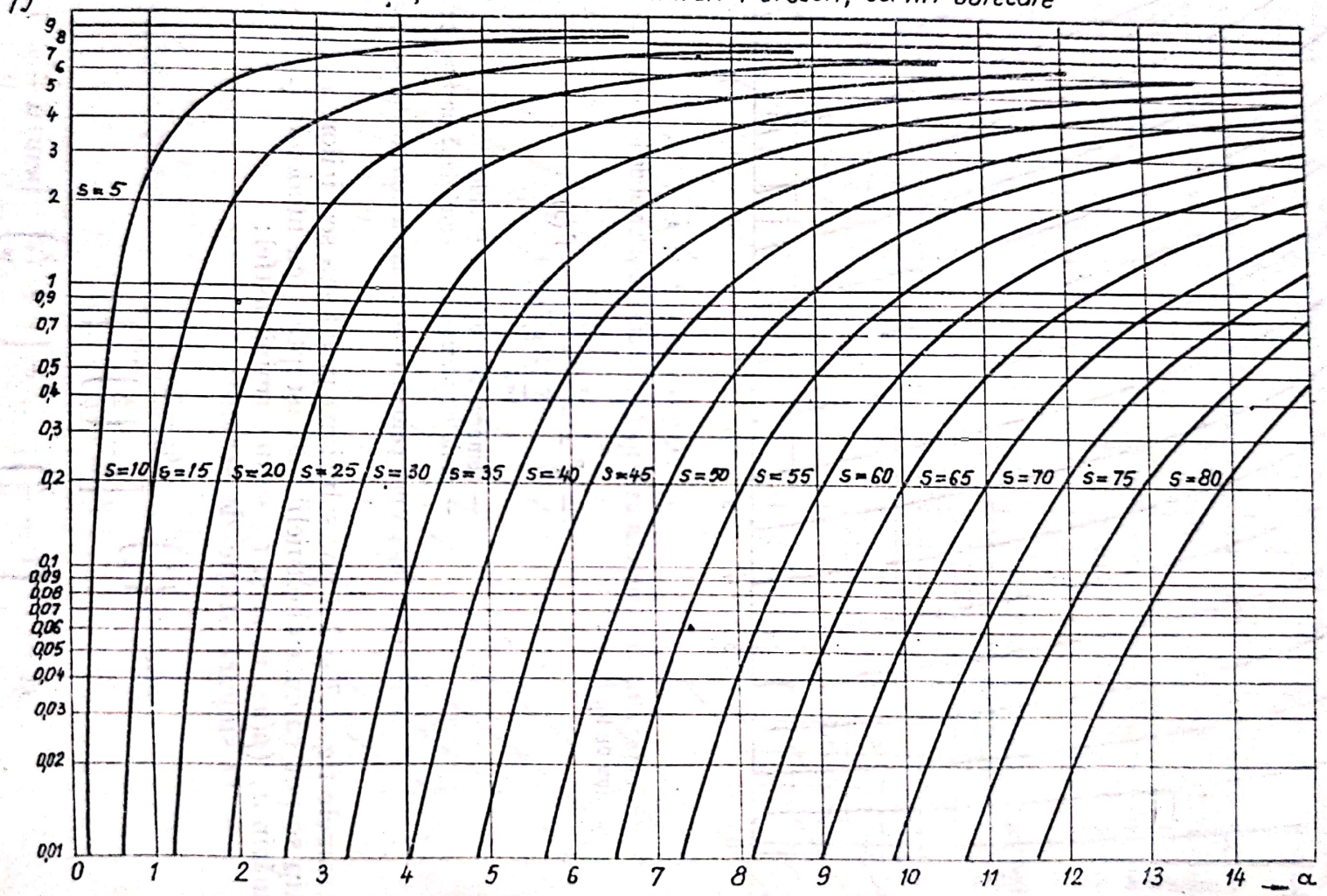


Fig. 2.7. Nomograme pentru determinarea numărului de stații.

Scanned with OKEN Scanner

NOMOGRAMĂ

pentru determinarea numărului de stații (s), funcție de volumul de lucrări (a). Formula II Erlang pentru sisteme cu restricții (pierderi):

$$p_j(s,a) = \frac{a^s/[(s-1)!\,(s-a)]}{\sum_{k=0}^{s-1}(a^k/k!) + a^s/[(s-1)!\,(s-a)]} = f(\lambda t_s = a) \qquad 0 \le a \le s$$

s - numărul de stații, $s = 5 \div 100$ - intrări Poisson, servirii exponențiale - unitățile care intră în sistem așteaptă până sînt servite

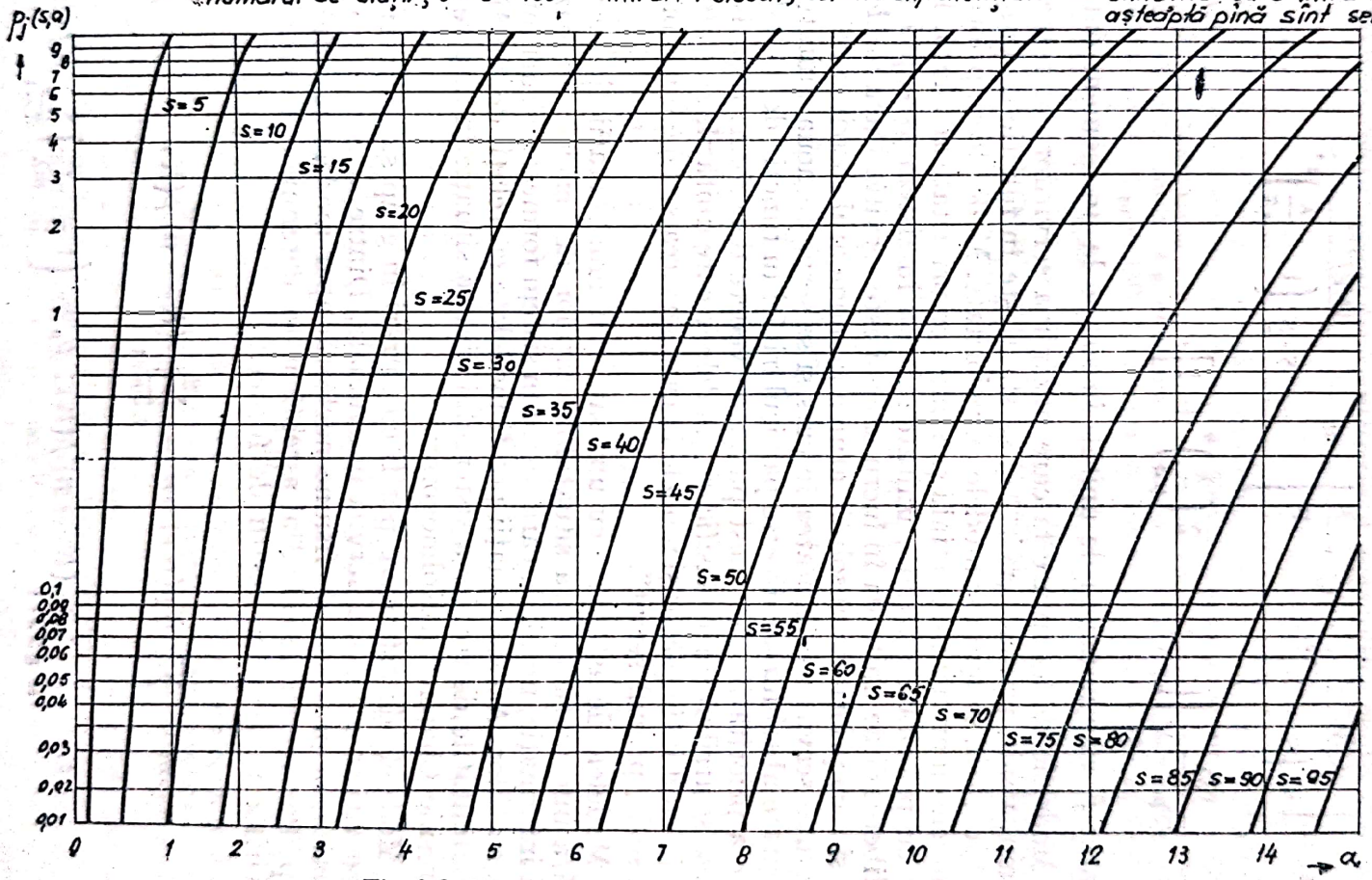


Fig. 2.8. Nomograme pentru determinarea numărului de stații.

Două sau mai multe stații de servire:

$$\left.\begin{aligned} p(n) &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot \frac{1}{n!} \Bigg/ \left[\sum_{K=0}^{S} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K \cdot \frac{1}{K!} - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \frac{1}{S!} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{S^i} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i\right] = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{p_0}{n!}; \\ m &= \left[\frac{(\lambda/\mu)^{S+1}}{S!\left(S - \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \cdot p_0 + \frac{\lambda}{\mu}\right] \quad n = \frac{(\lambda/\mu)^{S+1}}{S \cdot S!\left(1 - \frac{\lambda}{\mu S}\right)^2}; \\ t &= \frac{S\lambda}{(S\mu - \lambda)^2}\left[\left(\frac{\lambda}{\mu S}\right)^{n+1} - 2\left(\frac{\lambda}{\mu S}\right)^n + 1\right]. \end{aligned}\right\} \quad (2.82)$$

în care: K este numărul de unități în sistem la un moment dat.

Modelele de așteptare la care disciplina servirilor nu respectă principiul „primul venit, primul servit", ci se stabilește în funcție de urgența și importanța lucrării, se numesc modele cu prioritate. Modelele cu prioritate se împart în modele cu prioritate parțială și modele cu prioritate absolută. În cazul modelelor cu prioritate parțială, unitatea sosită în sistem așteaptă pînă ce stația se eliberează de unitatea în lucru și apoi este servită. Dacă modelele de așteptare sînt cu prioritate absolută, atunci în momentul sosirii unității în sistem se întrerupe servirea la unitatea în curs și se servește noua unitate. Modelele cu prioritate absolută au diverse particularități în funcție de modalitatea de stabilire a priorității. Din acest punct de vedere deosebim: modele în care prioritatea se atribuie prin clasificare, modele în care unitățile sînt alese pentru servire în mod întîmplător și modele în care servirea se face după principiul „ultimul sosit, primul servit".

Modelele de așteptare cu una sau mai multe stații de servire pot fi cu și fără informație asupra situațiilor stațiilor de servire. În cazul modelelor fără informație, unitățile care sosesc în sistem formează șiruri întîmplătoare în fața stațiilor. Aceste situații pot fi modelate cu relații de tip Marcov în care probabilitățile de trecere a sistemului dintr-o situație în alta se calculează cu expresiile Chapmann-Kolmogorov.

Modelele de așteptare pot fi cu intrări în grup sau intrări individuale și cu serviri în grup sau serviri individuale. Dintre aceste tipuri de modele în practică, la procesele de fisiune nucleară, apar modele cu intrări și serviri în grup. Parametrii de calcul al așteptării se determină în cazul intrărilor și servirilor în grup cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} m &= \sum_{K=0}^{\infty} Kp(K); \quad n = \sum_{K=n+1}^{\infty} (K - n)\, p(K) \\ t_f &= \frac{1}{\mu} \sum_{K=n+1}^{\infty} (K - n)\, p(K); \; p_p = \left(1 - \frac{\mu}{m\lambda}\right) \sum_{K=1}^{n} Kp(K) \end{aligned}\right\} \quad (2.83)$$

în care: K este numărul de unități din sistem la un moment dat; p_p — probabilitatea de pierderi a unităților care nu pot să aștepte și părăsesc sistemul.

Schema logică de calcul al cheltuielilor cu așteptarea în diverse situații se poate urmări pe fig. 2.4.

Pe baza cunoașterii relațiilor de calcul al mărimilor care caracterizează un fenomen de așteptare se pot determina cheltuielile de așteptare pentru cele mai frecvente situații intervenite în practică și se pot lua măsuri de organizare rațională a activității și de conducere optimală a sistemului industrial supus analizei.

Exemple de calcul.

Exemplul 1. O întreprindere producătoare de aparate electrice de măsurat și control trebuie să satisfacă cererea consumatorului în anul de plan la următorul nivel: $N_1 = 100\,000$ voltmetre; $N_2 = 25\,000$ ampermetre.

Cererea de aparate este constantă și uniformă în timp pe un an de zile. Cheltuielile de producție au următoarele valori: $C_{p1} = 1000$ lei pentru un voltmetru; $C_{p2} = 900$ lei pentru un ampermetru.

Costul de lansare a unei comenzi este 12 960 lei pentru fiecare din cele două tipuri de aparate, iar costul de stocare este de 2 lei pe zi și aparat, indiferent de tip. Se urmărește determinarea lotului optim, perioada optimă de reaprovizionare și minimizarea cheltuielilor de producție, astfel încît întreprinderea să nu aibă întîrzieri la livrarea aparatelor electrice către beneficiari.

Rezolvare.

$$Q_{optim_1} = \sqrt{\frac{2N_1C_e}{c_s \cdot n_z}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1296}{2 \cdot 365}} \cong 600 \text{ bucăți};$$

$$Q_{optim_2} = \sqrt{\frac{2N_2c_e}{c_s \cdot n_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 1296}{2 \cdot 365}} \cong 300 \text{ bucăți};$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_e \cdot n_z}{N_1 c_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1296 \cdot 360}{10^5 \cdot 2}} \cong 22 \text{ zile};$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2c_e n_z}{N_2 \cdot c_s}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1296 \cdot 360}{25 \cdot 10^3 \cdot 2}} \cong 44 \text{ zile};$$

$$C_{stoc_1} = 2C_e + cQ_{opt_1} = 2 \cdot 1296 + 10^3 \cdot 600 = 602\,592 \text{ lei};$$

$$C_{stoc_2} = 2C_e + cQ_{opt_2} = 2 \cdot 1296 + 10 \cdot 300 = 272\,592 \text{ lei}.$$

Întrucît cheltuielile totale cu gestiunea stocurilor în varianta 2 sînt mai mici decît cele din varianta 1 rezultă ca optimă varianta 2.

Cînd se calculează cheltuielile totale actualizate și cheltuielile toatele de calcul, atunci față de cheltuielile de producție (C_{stoc_1}) și (C_{stoc_2}) se mai determină influența eficienței investițiilor ($p_n I_{stoc}$) dacă instalația de gestiune a resurselor este în fază de concepere sau suferă o dezvoltare față de o situație dată. Cînd condițiile de penurie diferă de la structura (1) la structura (2) considerată în calcul, atunci determinarea cheltuielilor de rupere a stocurilor poate schimba ierarhizarea variantelor și poate duce la o altă ordine de prioritate a soluțiilor față de situația stabilită în cadrul acestui exemplu de calcul.

Exemplul 2. Se consideră un șantier de montare a centralelor termoelectrice în flux folosindu-se macarale de mare putere la preasamblarea pe banda de montaj și transportarea elementelor bloc a două cazane de tipul P.K —47, care dispun de 1046 de blocuri. Montajul complet al tuturor blocurilor se realizează în timp de 200 de zile.

Modul de servire a benzii de montaj, durata deplasării blocurilor spre locul de asamblare și pregătirea integrală a operațiilor în flux constituie fenomene aleatorii.

Blocurile montate pe bandă sînt unități care așteaptă să fie servite, macaralele sînt stațiile care deservesc, iar cazanele propriu-zis sînt consumatorii, care preiau blocurile preasamblate.

Cheltuielile de regie pentru funcționarea macaralei sînt de 5720 lei/h, iar costul de producție (transport) al unei macarale de 50 tf este de 331 lei/h. Se consideră că macaralele funcționează un singur schimb și deservesc opt blocuri.

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile de regie sînt proporționale, cu durata de execuție. Se cere:

a. Scrierea modelelor matematice pentru cheltuielile cu așteptarea și deservirea benzii de montaj cînd se utilizează una sau două macarale;

b. Determinarea valorii cheltuielilor cu așteptarea pentru cazul cînd montajul durează un an ($i = 0$).

c. Comentarea rezultatelor.

Rezolvare

a) $Z_{t_1} = (C_{t_1} + I_{t_1})\ b_{ac}$; $\quad Z_{t_2} = (C_{t_2} + I_{t_2})\ b_{ac}$

$C_{t_1} = C_1 t_{p_1} + c_2 t_{r_1}$; $C_{t_2} = c_1 t_{p_2} + c_2 t_{r_2}$;

în care: $b_{ac} = (1 + p_n)^{-i} = (1 + 0{,}08)^{-i}$; $i = (0 \dots n)$

$C_1 = 0{,}25 \cdot 5720 = 1430$ lei/h; $C_2 = 331$ lei/h

t_{p_1}, t_{p_2} = timpii de așteptare a blocurilor pe banda de montaj în cazul folosirii unei macarale ($s = 1$) sau a două macarale ($s = 2$); t_{r_1}, t_{r_2} = numărul de ore de inactivitate a macaralelor ($s = 1$) și respectiv ($s = 2$) pentru cazul cînd se folosesc două macarale.

$$t_{p_1} = t_{f_1} \cdot \frac{\lambda}{\mu} = \frac{v}{\mu} = \frac{\varphi^2}{1-\varphi} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{(\lambda/\mu)^2}{\mu\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} = \frac{\lambda^2}{\mu^2(\mu - \lambda)} = 9{,}6 \text{ h/zi}$$

$t_{p_1} = 9{,}6$ h/zi;

$$t_{p_2} = t_{f_2} \cdot \frac{\lambda}{\mu},\ \lambda = \frac{n_b}{n_z} = \frac{\text{numărul de blocuri}}{\text{numărul de zile}},\ \mu = \frac{n_{bd}}{n_{sch}^{ore}};$$

$$\lambda = \frac{1046}{200} = 5{,}23 \text{ (sosiri pe zi), respectiv sosiri pe schimb;}$$

$$\mu = \frac{n_b}{sch} = \frac{8}{8} = 1 \text{ numărul servirilor pe oră;}$$

t_{f_1}; t_{f_2} — timpul mediu de așteptare a unităților ce trebuie servite.

$$t_{p_2} = \frac{\varphi^{s+1}}{s \cdot s!\left(1 - \frac{\varphi}{s}\right)\left[1 + \varphi + \dots + \frac{\varphi^s}{s!\left(1 - \frac{\varphi}{s}\right)}\right]} =$$

$$= \frac{0{,}65^{2+1}}{2 \cdot 2!\left(1 - \frac{0{,}65}{2}\right)\left[1 + 0{,}65 + \frac{0{,}65^2}{2!\left(1 - \frac{0{,}65}{2}\right)}\right]} = 0{,}57 \text{ ore/zi}$$

$t_{r_1} = h_{sch}(n_{sch} - \varphi_1) = 8(1 - 0{,}65) = 2{,}77$ h/schimb

$t_{r_2} = h_{sch}(n_{sch} - \varphi_2) = 8(2 - 0{,}65) = 10{,}77$ h/schimb

în care: h_{sch} este numărul de ore pe schimb; n_{sch} — numărul de schimbări; φ_1 — factorul de serviciu.

$$C_{t_1} = K_p C_{reg} \cdot \frac{\varphi}{1-\varphi} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\lambda}{\mu} + \rho_2 h_{sch}(n_{sch} - \varphi) = \frac{1}{4} \cdot 5720 \cdot \frac{0{,}65}{1 - 0{,}65} \cdot \frac{5{,}23}{1 - 0} +$$

$$+ 331 \cdot 8(1 - 0{,}65) = 14\,930 \text{ lei/zi.}$$

$C_{t_1} = 14\,930$ lei/zi.

Scanned with OKEN Scanner

$$C_{t_1} = K_p \cdot C_{rep} \cdot \frac{\varphi^{S+1}}{S \cdot S!(1-\varphi/s)} \cdot \frac{1}{\left[1 + \varphi + \frac{\varphi_2}{S!} + \ldots + \frac{\varphi^S}{S!\left(1-\frac{\varphi}{S}\right)}\right]} +$$

$$+ C_2 \cdot h_{sch}(n_{sch} - \varphi) = \frac{1}{4} \cdot 5720 \cdot \frac{0{,}65^3}{2 \cdot 2!\left(1 - \frac{0{,}65}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\left[1 + 0{,}65 \cdot \frac{0{,}65^2}{2!} + \frac{0{,}65^2}{2!\left(1-\frac{0{,}65}{2}\right)}\right]} +$$

$$+ 331 \cdot 8(2 - 0{,}65) = 5\,000 \text{ lei/zi.}$$

b) $Z_1 = [C_{t_1}^{an} + C_{s_1}^{an} + C_{e_1}^{an} + C_{r_1}^{an} + C_{am_1}^{an} + C_{g_1}^{an} + C_{c_1}^{an} + C_{dv_1}^{an} + I_{t_1}^{r}]\, b_{ac}$

$Z_2 = [C_{t_2}^{an} + C_{s_2}^{an} + C_{e_2}^{an} + C_{r_2}^{an} + C_{am_2}^{an} + C_{g_2}^{an} + C_{c_2}^{an} + C_{dv_2}^{an} + I_{t_2}^{r}]\, b_{ac}$.

c) Dacă $Z_1 > Z_2$ se acceptă soluția cu două macarale de montaj.

Dacă $Z_1 < Z_2$ se acceptă soluția cu o singură macara de montaj și dacă $Z_1 = Z_2$ atunci se compară pe lîngă indicatorii valorici și indicatorii naturali (productivitatea muncii, gradul de organizare a lucrului etc.) și se acceptă varianta la care apar indicatorii naturali mai buni.

În relațiile de mai sus: C_t^{an} reprezintă cheltuielile anuale de așteptare;

C_s — cheltuielile cu stocarea materialelor. Ele sînt mai mari în varianta (1) față de (2), întrucît materialele așteaptă mai mult;

C_e — cheltuielile cu siguranța în funcționare pot fi mult mai mari cînd se folosește o singură macara la intervenția unei avarii decît în cazul folosirii a două macarale;

C_r — cheltuieli cu personalul; C_c — cheltuielile cu energia folosită la punerea în funcțiune a macaralei; C_{dv} — cheltuielile diverse (întreținere și reparații, cheltuielile generale); I_t — investițiile în cazul folosirii unei singure macarale ($I_{t_2} > I_{t_1}$).

Din analiza structurii relațiilor (Z_1) și (Z_2) rezultă că $Z_2 < Z_1$ și deci se acceptă varianta de montaj a cazanelor folosind două macarale.

* * *

Aplicarea teoriei așteptării la montajul instalațiilor energetice scoate în evidență aspectele practice asupra cărora trebuie să se îndrepte atenția specialiștilor încă din faza pregătirii documentației, fără a se pierde din vedere modul de folosire extensivă și intensivă a utilajului din cadrul șantierului. În vederea micșorării cheltuielilor de așteptare trebuie să se creeze condiții ca unitățile să sosească în sistem după ritmurile precalculate iar deservirea locurilor de lucru să respecte condițiile impuse în documentația de proiectare.

Coordonarea lucrărilor de proiectare-montaj în manieră sistemică și exploatarea rațională a instalațiilor din cadrul șantierului cercetat constituie căile principale de reducere a cheltuielilor și de creștere a eficienței muncii depuse.

Scanned with OKEN Scanner

2.3. Modele în teoria echipamentelor și în teoria ordonanțării producției

2.3.1. Modele matematice în teoria echipamentelor

Modelele matematice în teoria echipamentelor se construiesc în ideea optimizării activității din cadrul sistemelor industriale privind achiziția și reînnoirea utilajelor, întreținerea rațională a instalațiilor tehnologice, repararea mașinilor și aparatelor din cadrul sistemului și formularea strategiei de dezvoltare a subsistemelor de producție.

$$Z^{e}_{eac} = Z^{ac}_{eac} + Z^{rj}_{eac} + Z^{rf}_{eac} = (I^{e}_{eact} + C^{e}_{eact} - R^{e}_{eact}) = \text{minim}. \tag{2.94}$$

Investițiile și cheltuielile totale ocazionate de politica de achiziție a utilajului (ac), de politica de întreținere și reparație (rj) și de politica de preluare a avariilor cu pierderi minime (av) au următoarea structură:

$$\left.\begin{aligned} I^{e}_{eact} &= I^{ac}_{eact} + I^{rj}_{eact} + I^{sf}_{eact}; \\ C^{e}_{eact} &= C^{ac}_{eact} + C^{rj}_{eact} + C^{sf}_{eact}; \\ R^{e}_{acț} &= I^{e}_{nact}\,(1 - c_{am}n)^{-n}\, b_{ac}; \end{aligned}\right\} \tag{2.95}$$

în care: I^{e}_{nact} este investiția totală neactualizată; c_{am} — cota de amortizare anuală; n — durata de studii; b_{ac} — binomul de actualizare.

Expresiile cheltuielilor totale actualizate din relația (2.94) cuprind cheltuielile cu achiziția utilajului, cheltuielile cu repararea și întreținerea instalațiilor și cheltuieli cu preluarea avariilor.

Cotele de amortizare pentru investițiile făcute la nivelul echipamentelor pot fi constante și variabile.

În prezent la nivelul sistemelor de energie din țara noastră se aplică cote de amortizare constante pentru calculul cheltuielilor totale de amortizare.

Extinderea cotelor de amortizare variabile pentru calculul uzurii totale a instalațiilor ar elimina neajunsurile cotelor constante de amortizare care se aplică în prezent la calculul cheltuielilor de amortizare.

Stabilirea unei strategii optime de întreținere și reparare a utilajelor și pieselor în funcțiune se face cu ajutorul modelelor matematice ale teoriei echipamentelor.

Scanned with OKEN Scanner

Modelele matematice cu care operează teoria echipamentelor se construiesc pe baza conceptelor cercetării operaționale și se pot scrie sub forma:

$$\left.\begin{aligned} Z^{(pr)}_{eac} &= \sum_i \Big[\sum_j C_{aj} p_{kj} + \sum_r \sum_j C_{rj} p_{rj} + \sum_v \sum_j C_{vj} p_{vj}\Big] [1 + p_n]^{-t} - \\ &\quad - \sum_j R_{nj} p_{nj} + \sum_i \Big[\sum_j p_{kj} I_{kj}\Big] [1 + p_n]^{-t} \\ Z^{aj}_{eac} &= \sum_i \sum_j [C_{aj} + I_{aj}]\, p_{kj} [1 + p_n]^{-t} = \text{minim} \\ Z^{rj}_{eac} &= \Big\{\sum_i \sum_r \sum_j [C_{rj} p_{rj} + I_{rj} p_{rj}] [1 + p_n]^{-t} - \sum_j R_{nj} p_{nj}\Big\} = \text{minim.} \\ Z^{vj}_{eac} &= \sum_i \sum_v \sum_j [C_{vj} + I_{vj}]\, p_{vi} [1 + p_n]^{-t} = \text{minim.} \end{aligned}\right\} \quad (2.96)$$

în care: C_{aj} sînt cheltuielile cu achiziția pieselor; p_{kj} — probabilitatea realizării acestor cheltuieli; C_{rj} — cheltuielile de întreținere și reparație; p_{rj} — probabilitatea de realizare a acestor cheltuieli; C_{vj} — cheltuielile cu fiabilitatea instalației; p_{vj} — probabilitatea aparației avariilor care provoacă cheltuieli de tipul (C_{vj}); R_{nj} — valoarea rămasă după dezafectarea utilajului; p_{nj} — probabilitatea de realizare a valorii (R_{nj}); p_n — coeficientul de eficiență economică, I_{kj} — — investițiile ocazionate de aplicarea în practică a teoriei echipamentelor; p_{kj} — probabilitatea realizării acestor investiții.

Probabilitățile se determină ținînd seama de stările naturii în care se desfășoară procesul de achiziție a pieselor de schimb, procesul de întreținere și reparație, procesul de funcționare a utilajului în timp, în care intervin întreruperile cauzate de avarii, procesul de dezafectare a utililajelor și instalațiilor și procesul de creare a condițiilor de aplicare a teoriei echipamentelor la organizarea producției sistemelor industriale.

Particularizînd modelele (2.96) la diverse situații practice, se obțin următoarele relații de calcul:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a)}\ Z^{(pr)}_{e_1} \sum_i \left[{}^{t}_{aj} \frac{t_j}{t} + (C^t_{rj} + C^t_{vj}) + p_{kj} I_{kj}\right] [1 + p_n]^{-t} = \text{minim}; \\ &\text{b)}\ Z^{(pr)}_{e_2} = \sum_i [C^t_{aj}(1 - e^{-at}) + (C_{rj} + C_{vj}) + p_{kj} I_{kj}] [1 + p_n]^{-t} = \text{minim}; \\ &\text{c)}\ Z^{(pr)}_{e_3} = \sum_i [C^t_{ai}(1 - e^{-at}) + k_0(e^{bt} - 1) + p_{kj} I_{kj}] [1 + p_n]^{-t} = \text{minim}, \\ &\text{d)}\ Z^{(pr)}_{e_4} = \sum_i [(k_2 + C^t_{aj} k_1)\, t + p_{kj} I_{kj}] [1 + p_n]^{-t};\ 0 \leqslant t \leqslant \frac{1}{k_1}; \\ &\text{e)}\ Z^{(pr)}_{e_5} = \sum_i \left[k_2 + \left(\frac{C^t_{aj}}{k_1}\right) t + p_{kj} I_{kj}\right] [1 + p_n]^{-t};\ t > \frac{1}{k_1}. \end{aligned}\right\} \quad (2.97)$$

În modelele matematice simplificate (2.97) intervin următoarele mărimi: C_{aj} sînt cheltuielile de achiziție; t — durata de funcționare a utilajului; t_j — timpul după care trebuie înlocuite piesele uzate; p_{kj} — probabilitățile realizării investițiilor; $I_{kj} \cdot C_{rj}$ — cheltuielile de întreținere și reparație; C_{vj} — cheltuielile de preluare a avariilor; p_n — coeficientul de eficiență economică; I_{kj} — investițiile; a,b — constante ale procesului de uzură și înlocuire a pieselor în diverse condiții aleatorii; k_0, k_1, k_2 — caracteristicile de întreținere a utilajului într-un proces de uzură aleatorie.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza acestor modele se pot determina: vîrsta medie a unei populații de piese, numărul de piese ce trebuie înlocuit după o anumită perioadă de funcționare, ritmul de avariere a pieselor în funcțiune și ritmul de aprovizionare a producției cu piese de schimb. Simplificarea modelelor (2.97) s-a făcut în următoarele ipoteze: durata de viață a utilajului este invers proporțională cu valoarea la care se dezafectează utilajele, probabilitatea de realizare a cheltuielilor cu achiziția pieselor este direct proporțională cu (t_i).

Pe baza acestor ipoteze s-a putut scrie (Z_{e_1}) sub forma (2.97 a). Pentru expresia cheltuielilor (Z_{e_2}) s-a presupus $R_{nj} = C_{aj}e^{-at}$ și $(C_{rj} + C_{vj})$ ca fiind funcții cu variație lineară. Cheltuielile (Z_{e_3}) s-au scris în următoarele ipoteze $(R_{nj} = C_{aj}e^{-at})$ și $(C_{aj} + C_{vj}) = k_0(e^{bt} - 1)$. Pentru a deduce relațiile (Z_{ep_4}) și (Z_{ep_5}) din modelele (2.97) s-au considerat următoarele situații $R_{nj} = C_{aj}(1 - k_1t)$ iar $(C_{rj} + C_{vj}) = k_2t$.

Schema logică de calcul al strategiei optime de utilizare a teoriei echipamentelor se poate urmări pe fig. 2.9.

Funcția de eficiență a modelului matematic ocazionat de aplicarea teoriei echipamentelor la exploatarea instalațiilor dintr-o centrală electrică se poate scrie sub forma:

$$Z_{e_6}^{(pr)} = \sum_i \Big[\sum_k \sum_j m_{kj}C_{kj}p'_{kj} + \sum_r \sum_j C_{rj}p_{rj} + \sum_v \sum_j (p_{vj}^{cp}P_{vj}^{pn} + C_{vj}^{ud})p_{vj}\Big][1 + p_n]^{-i} - \sum_j R_{nj}p_j + \sum_i \Big[\sum_k \sum_j I_{kj}^{(pr)}p_{kj}\Big]_i [1 + p_n]^{-i} = \text{minim.} \tag{2.98}$$

Modelul determinist rezultă din (2.98) punînd condiția ca probabilitățile să aibă valorile egale cu unitatea.

Înlocuirile pieselor se fac fie individual, fie în bloc.

În cazul înlocuirilor individuale cînd siguranța în funcționare a pieselor respectă o lege exponențială negativă atunci pentru regimul permanent se aplică un model de forma:

$$Z_{e_7}^{(pr)} = \sum_i \left[a\left(c_1 + \frac{c_2}{e^{at} - 1}\right) + p_{kj}I_j^{pr}\right]_i [1 + p_n]^{-i} = \text{minim.} \tag{2.99}$$

Strategia de înlocuire a pieselor în bloc se poate construi ținînd seama de deciziile care se formulează pe baza cheltuielilor de calcul de forma:

$$Z_{e_8}^{(pr)} = \sum_i \left[\left(ac_1 + \frac{c_2}{t}\right) + p_{kj}I_j^{(pr)}\right]_i [1 + p_n]^{-i} = \text{minim.} \tag{2.100}$$

Pe baza modelelor (2.98) — (2.100) se pot stabili atît stocurile optime de piese de rezervă cît și rezerva de putere electrică și termică ce trebuie păstrată la nivelul centralelor electrice pentru preluarea avariei, pentru reparații și pentru reglajul frecvenței în sistem.

În modelele (2.98) — (2.100) intervin următoarele mărimi: m_{kj} este numărul de elemente de tipul (k) din lanțul tehnologic (i); c_{kj} — costul unui element avariat; p'_{kj} — probabilitatea de avariere; C_{rj}; p_{rj} — cheltuielile și probabilitatea ocazionate de întreținerea instalației; p_{vj}^{cp} — prețul producției nelivrate; P_{vj}^{pn} — producția nelivrată; C_{vj}^{ud} — pagubele produse la consu-

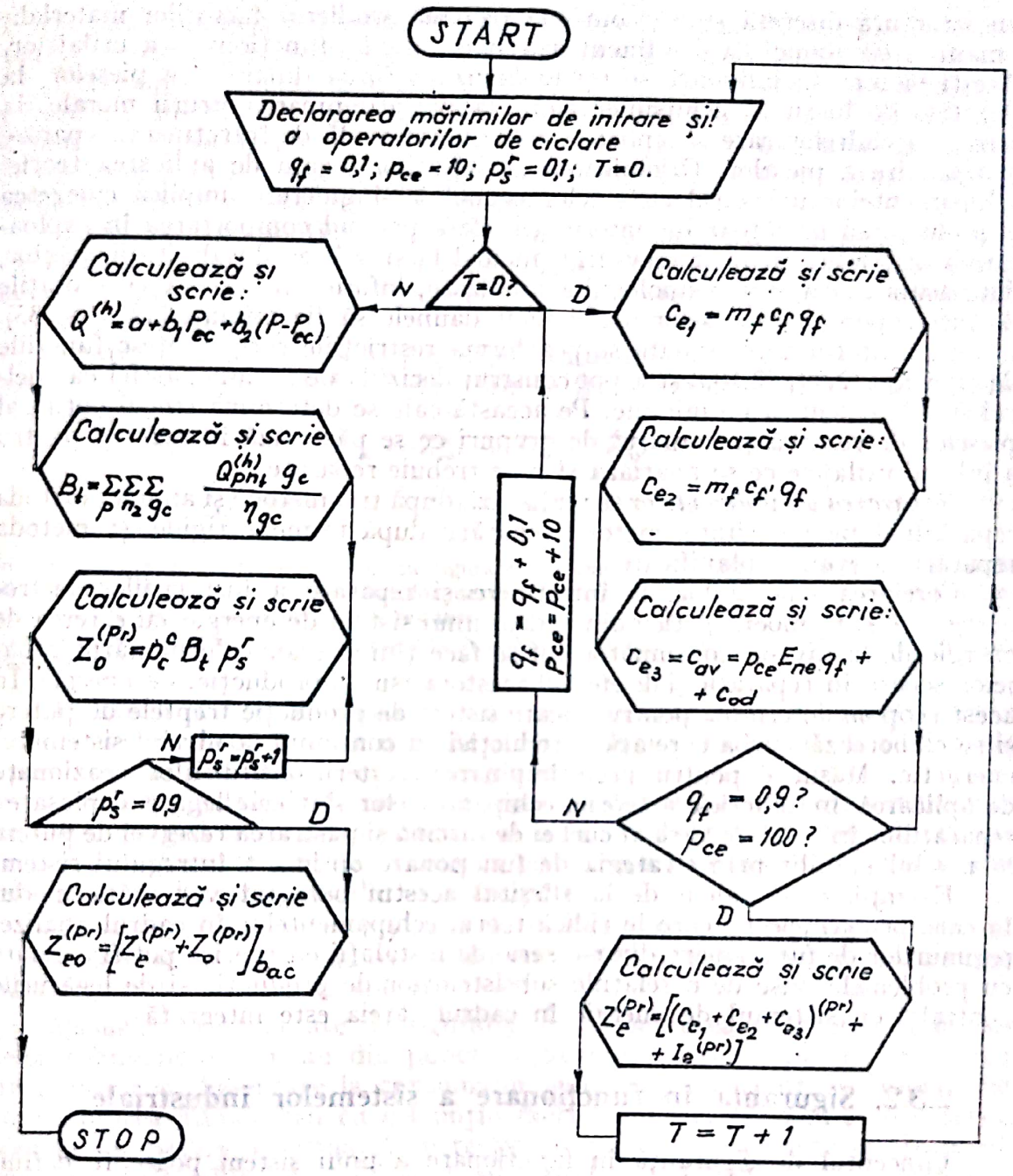


Fig. 2.9. Schema logică pentru stabilirea strategiei optime de folosire a echipamentelor și de ordonanțare a producției.

mator datorită lipsei resurselor pe care le primește de la centrală (abur, apă tratată, energie electrică etc.); p_{vj} — probabilitatea realizării acestei categorii de cheltuieli; $I_{kj}^{(pr)}$ — investițiile ocazionate de aplicarea teoriei echipamentelor la nivelul unei centrale electrice; c_1, c_2 — — costurile unitare pentru înlocuirea piesei în caz de avarie (c_1) și în cazul atingerii timpului de funcționare (c_2); a — constanta procesului de avarie descris de o lege exponențială negativă.

Aplicarea teoriei echipamentelor la stabilirea strategiei de întreținere, reparare și înlocuire a pieselor și instalațiilor din cadrul unui sistem industria

cu structură discretă și/sau continuă reclamă studierea factorilor materiali, umani și economici care influențează siguranța în funcționare a utilajelor. Acești factori de influență se referă la uzura fizică dinamică a pieselor, la duratele de lucru al echipamentelor, la preîntîmpinarea uzurii morale, la formarea cadrelor care să aplice o politică rațională de întreținere, reparare și înlocuire a pieselor. Organizarea activităților legate de aplicarea teoriei echipamentelor în cadrul sistemelor economico-inginerești implică culegerea și prelucrarea următoarelor informații: date privind comportarea în exploatare a utilajului care pot servi în principal la stabilirea durabilității pieselor, date asupra structurii tehnologiilor analizate, informații privind posibilitățile de întrerupere a proceselor astfel încît daunele să fie minime [12; 15; 33].

Cu ajutorul acestor date se pot forma restricțiile care însoțesc funcțiile de eficiență (2.99) (2.100) și se pot construi deciziile de acțiune, astfel ca cheltuielile de calcul să fie minime. Pe această cale se determină stocul optim al pieselor de rezervă și numărul de grupuri ce se păstrează în rezervă pentru a înlocui utilajele ce se avariază și care trebuie reparate.

Repararea echipamentelor se realizează după trei metode și anume: metoda reparării după necesitate, metoda reparării după termene rigide și metoda reparării preventiv-planificate.

Corelarea strategiilor de întreținere și reparare a instalațiilor electroenergetice și termoenergetice din cadrul unui sistem de energie cu cererea de energie de la nivelul consumatorului se face ținînd seama de numărul utilajelor scoase în reparație și de efectul acestora asupra producției de energie. În acest scop se determină pentru fiecare sistem de producție treptele de putere și se elaborează curba corelației producției cu consumul la nivelul sistemului energetic. Măsurile pentru preîntîmpinarea creșterii cheltuielilor ocazionate de aplicarea în practică a teoriei echipamentelor sînt cele legate deplasarea reparațiilor în golul de vară al curbei de sarcină și păstrarea rezervei de putere la nivelul stabilit prin strategia de funcționare optimă a întregului sistem.

Exemplele de calcul de la sfîrșitul acestui paragraf vor arăta modul în care problemele pe care le ridică teoria echipamentelor în cadrul analizei regimurilor de funcționare dintr-o serie de instalații energetice pot fi corelate cu problemele puse de corelațiile subsistemelor de producție și de legăturile centralei cu sistemul de energie în cadrul căreia este integrată.

2.3.2. Siguranța în funcționare a sistemelor industriale

Conceptul de siguranță în funcționare a unui sistem poate fi definit drept probabilitatea ca într-un interval de timp considerat instalațiile sistemului să funcționeze în condițiile de calitate date. Siguranța în funcționare, denumită și fiabilitate, apare ca o funcție de probabilitate cu variabilele timpul și starea sistemului.

Aprecierea siguranței în funcționare se face pe baza indicatorilor care exprimă diferite aspecte ale comportării instalațiilor din structura sistemului analizat și anume: duratele și probabilitățile de succes și insucces ale instalațiilor, numărul și intensitatea defectelor într-un interval de timp, cheltuielile provocate de întreruperi în funcționare, cele provocate de abaterile de

Scanned with OKEN Scanner

la calitatea produsului realizat în cadrul sistemului și cheltuielile determinate de creșterea gradului de siguranță la nivelul proceselor tehnologice.

Siguranța în funcționare este influențată atît de strategia de întreținere, reparare și înlocuire a utilajelor din cadrul sistemului, cît și de tehnicile de exploatare a instalațiilor. Acest din urmă aspect vizează calitatea exploatării și a resurselor utilizate la nivelul proceselor de producție și urmărește respectarea indicatorilor de calitate a produselor livrate de sistem.

Siguranța în funcționare, ca disciplină de concepție în proiectarea și exploatarea sistemelor, s-a impus ca o tehnică de optimizare a funcționării instalațiilor și a format un domeniu concret de cercetare în cadrul ingineriei sistemelor industriale.

Luarea în considerație a siguranței în funcționare în calculele de optimizare a activității sistemelor industriale se face prin calcularea următoarelor cheltuieli:

$$Z^{sf}_{eac} = Z^{av}_{eac} + Z^{cal}_{eac} + Z^{sp}_{eac} =$$

$$= \sum_i [C_{av} + C_{cal} + C_{sp} + I_{av} + I_{cal} + I_{sp}][1 + p_n]^{-i} \qquad (2.101)$$

în care: Z^{sf}_{eac} sînt cheltuielile totale cu siguranța în funcționare; Z^{av}_{eac} — cheltuielile provocate de întreruperile funcționării instalațiilor datorită avarierii utilajului; Z^{cal}_{eac} — cheltuielile provocate de abaterile de la calitate a produselor livrate de sistem; Z^{sp}_{eac} — cheltuielile determinate de măsurile suplimentare de siguranță la nivelul proceselor tehnologice din cadrul sistemului analizat.

Pentru a scoate în evidență variabilele de optimizat în cadrul funcției (2.101), se vor determina structurile cheltuielilor ținînd seama de elementele operative din cadrul sistemelor energetice.

Avarierea instalațiilor energetice provoacă daune la nivelul consumatorului datorită energiei nelivrate de sistemul avariat. Nelivrarea cantității de energie cerută de sistem influențează calitatea prin micșorarea frecvenței și tensiunii nominale de lucru a instalației examinate.

Cunoașterea daunelor provocate de abaterile de la calitate permite prevederea unor surse suplimentare de putere activă și reactivă care să regleze parametrii de calitate a energiei.

Măsurile suplimentare de siguranță în alimentarea cu energie a proceselor tehnologice constau din punct de vedere energetic, fie în instalarea unei puteri suplimentare la consumator sub formă de centrală proprie, fie în asigurarea alimentării cu cel puțin două racorduri prevăzute cu rezervă sporită de putere în utilajul energetic de manevră și comutație. În acest context, cheltuielile totale (Z^{sf}_{eac}) cu siguranța în funcționare se pot scrie sub următoarea formă:

$$Z^{sf}_{eac} = \sum_i [p^{en}_c P_c \cdot K_f t_{nf} + K_{cal} P_c + K_{sp} P_c][1 + p_n]^{-i} \qquad (2.102)$$

în care: p^{en}_c este costul energiei nelivrate; K_f — coeficientul de formă al curbei de sarcină; t_{nf} — timpul de nefuncționare a instalațiilor energetice de producere, transport și distribuție a energiei; $P_c = K_p \cdot K_{intg} \cdot P_i$ — puterea cerută la nivelul consumatorilor industriali; K_p — coeficientul consumurilor proprii tehnologice la nivelul elementelor generatoare, transformatoare, transfer și preluare a puterii din cadrul lanțurilor energetice ce leagă producția de

consum. Acest coeficient K_p este denumit de unii autori și coeficient de pierderi; K_{intg} — coeficientul integral de utilizare a instalațiilor energetice ce leagă sursa de consumator; K_{cal}; K_{sp} — — coeficienți pentru daunele provocate de abaterile de la calitatea energiei (K_{cal}) și pentru cheltuielile totale determinate de creșterea gradului de siguranță la nivelul proceselor tehnologice. Elementele de detaliu asupra modului cum se stabilesc valorile de calcul al mărimilor din relația (2.102) se pot urmări în literatura de specialitate [56].

Studiul siguranței în funcționare a sistemelor de energie presupune determinarea indicatorilor de fiabilitate la nivelul sistemului global și al sistemelor componente (centrale, stații, linii și consumatori de energie).

Gradele de asigurare cu energie a consumatorilor se determină astfel:

$$\left.\begin{aligned} g^t_{as}\,\% &= \frac{E^t_{pr} - E^t_{nl}}{E^t_{pr}}\,100\%; \quad g^e_{as}\,\% = \frac{E^e_{prec} - E^e_{nl}}{E^e_{nec}}\,100; \\ g^Q_{as}\,\% &= \frac{Q_{nec} - Q_{nl}}{Q_{nec}}\,100; \qquad g^g_{as}\,\% = \left(1 - \frac{M_{nl}}{M_{nec}}\right)100 \end{aligned}\right\} \tag{2.103}$$

în care: g^t_{as} este gradul de asigurare a consumatorilor cu energie de orice fel (t), energie electrică (e) și energie termică (Q); E^t_{pr}; E^t_{nl} — energiile prognozate (E^t_{pr}) și cele nelivrate (E^t_{nl}); E^e_{nec}; E^e_{nl} — energiile electrice (e) necesare (nec) și cele nelivrate (nl); Q_{nec}; Q_{nl} — energiile termice necesare (nec) și cele nelivrate (nl); M_{nl}; M_{nec} — mărimi nelivrate (nl) și cele necesare (nec); g^g_{as} — gradul de asigurare cu energie de orice fel a instalațiilor și sistemelor industriale.

Asigurarea cu energie a consumatorilor la un anumit grad de siguranță în funcționare presupune stabilirea rezervei de putere la nivelul întregului sistem. Categoriile de rezerve, care se iau în considerare la studiul siguranței în funcționare au următoarele denumiri: rezerva de reglaj frecvență-putere; rezerva de putere pentru reparații planificate; rezerva necesară acoperirii reducerilor temporare de putere datorită condițiilor locale, rezerva de putere pentru acoperirea reducerilor de putere a agregatelor, rezerva de balanță și rezerva de avarie.

Daunele care apar la consumator datorită nelivrării energiei se pot determina în funcție de numărul mediu probabil al avariilor care intervin pe perioada de funcționare, respectiv în funcție de intensitățile de avariere și reparare a instalațiilor în intervalul considerat.

Valoarea pagubelor la nivelul consumatorilor individuali, determinată de nelivrarea energiei, se calculează astfel:

$$\left.\begin{aligned} Z^{ac}_{pag} &= \sum_i [C_{pag} + I_{pag}][1 + p_n]^{-i} \\ Z^{ac}_{pag} &= \sum_i [p^{en}_{cc} \cdot K_v \cdot P_i \cdot K_f \cdot K_{intg} d_{md} + i_{sp} P_i][1 + p_n]^{-i} \\ Z^{ac}_{pag} &= \sum_i [K_v P_c d_{md} + i_{sp} \cdot K'_i P_c][1 + p_n]^{-i} \end{aligned}\right\} \tag{2.104}$$

în care: C_{pag}; I_{pag} sînt cheltuielile și investițiile determinate de pagubele care apar la consumator și care se reflectă pînă la nivelul sursei de energie a sistemului energetic de alimentare; K_v — — coeficientul prin care se ia în considerație variația puterii cerute de consumator pe durata de calcul; P_i — puterea instalației examinate; i_{sp} — investiția specifică; P_c — puterea cerută

de consumator în momentul apariției avariei; K'_t — coeficient care ține seama de condițiile de exploatare a instalațiilor (ținînd seama de încărcarea utilajelor tehnologice dictat de procesul tehnologic); d_{mr} — intensitatea medie de reparare a instalației avariate; p^{en}_{cc} — prețul energiei nelivrate calculat cu raportul dintre Z^{av}_{eac} și volumul energiei nelivrate la nivelul sistemului.

Calculul duratelor de funcționare și nefuncționare, determinarea probabilităților de succes și insucces ale instalațiilor se determină fie cu metoda Calabrese, bazată pe teoria modelelor Markov, fie cu metode speciale printre care metoda Monte-Carlo se aplică curent la determinarea probabilităților de funcționare a sistemelor energetice.

Studiul siguranței în funcționare a sistemelor complexe beneficiază în prezent de un set bogat de metode și algoritmi de calcul fundamentați pe baza teoriei sistemelor, dar multe asemenea modele considerate complete sub aspect matematic nu se pot aplica decît cu multă dificultate, chiar după o serie de simplificări în dauna preciziei.

Ceea ce încearcă ingineria sistemelor constă în fructificarea algoritmelor teoriei sistemelor și aplicarea lor la studiul siguranței în funcționare, în ideea exprimării concrete a indicatorilor valorici și naturali ai fiabilității instalațiilor industriale.

Pentru ușurarea calculelor de fiabilitate a instalațiilor energetice se aplică în prezent o serie de algoritme dintre care reținem atenția algoritmul SIGRUD și algoritmul SAFETY. Structura programelor cu care operează aceste algoritme se poate urmări în literatura de specialitate [16; 17; 56]

2.3.3. Modele matematice în teoria ordonanțării producției

Modelele matematice în teoria ordonanțării cuprind cheltuieli cu producția pentru diverse locuri de lucru inclusiv repartizarea sarcinilor pe mașini, cheltuieli cu coordonarea resurseelor în raport cu cererea de produse și cheltuieli cu preîntîmpinarea penuriei de resurse din cadrul lanțului tehnologic producție-consum. Funcția de eficiență a modelului cost-actualizat, scrisă în teoria ordonanțării, are forma:

$$Z^0_{ac} = Z^{pr}_{ac} + Z^{rc}_{ac} + Z^{pn}_{ac} = (I^{pr}_{cct} + I^{rc}_{act} + I^{pn}_{act} + C^{pr}_{act} + C^{rc}_{act} + C^{pn}_{act} - R^0_{ac}) = \text{minim} \qquad (2.105)$$

Investițiile și cheltuielile din relația (2.105) se referă la producția (pr), la coordonarea resurselor cu cererea (rc) și la evitarea penuriei (pn).

Prin minimizarea valorii cheltuielilor totale actualizate pentru ordonanțarea producției se determină strategia optimă de succesiune a lucrărilor pe mașini în cazul sistemelor discrete și de repartizare a sarcinilor electrice și termice în cazul sistemelor cu structură continuă. Strategia optimă de ordonanțare a producției urmărește atît stabilirea unor consumuri minime de materiale și energie pentru realizarea produselor cît și creșterea producției pe un ciclu de fabricație cît mai mic cu putință.

Scanned with OKEN Scanner

Din analiza funcției de eficiență (2.105) cu care operează modelele de ordonanțare rezultă că termenul (Z_{ac}^{pr}) se referă la probleme de producție, iar termenii (Z_{ac}^{rc}) și (Z_{ac}^{pn}) cuprind aspecte ale integrării centralei în sistem, respectiv fac trecerea unităților noi proiectate din zona instalațiilor energetice în funcțiune spre zona sistemelor de energie. Deci termenul cheltuielilor totale actualizate (Z_{ac}^{pr}) poate fi acceptat ca funcție de eficiență în cadrul modelului de optimizare a funcționării sistemului energetic. Restricțiile modelului sînt specifice fiecărei tip de problemă de optimizare și se referă atît la aspecte tehnologico-funcționale, cît și la aspecte de corelare a fondurilor la nivel național și internațional.

Modelele de optimizare a funcționării unui sistem de energie se pot împărți în două mari clase, și anume: clasa modelelor general valabile pentru sisteme globale (surse — centrale — linii — consumator) inclusiv sistemele de tracțiune și clasa modelelor speciale pentru sisteme energetice. În privința variabilelor de optimizat ambele tirpuri de modele operează cu puterile active și reactive, care circulă între centralele electrice și consumatorii de energie.

În cele ce urmează se vor prezenta principalele probleme privind determinarea regimului optim de funcționare a unui sistem energetic și se vor aborda problemele de optimizare sistemică a corelației resurse-producție-consum în cadrul unui sistem de energie.

Clasele de modele matematice generale și speciale operează cu funcții de eficiență liniare sau neliniare construite pentru funcționarea instantanee, respectiv pentru funcționarea de durată a sistemului analizat.

Modelele pentru funcționarea de durată se pot construi cu număr fixși cu număr variabil de agregate energetice pentru acoperirea puterilor cerute de sistem.

Modelul matematic al ordonanțării producției de energie cu număr variabil de agregate cuprinde situația cea mai generală din sistem, deoarece prin particularizarea sa se obțin celelalte două categorii de modele și aume: modelul de ordonanțare de durată a puterilor active și reactive cu un număr fix de agregate și modelul de ordonanțare optimă a sarcinilor la funcționarea instantanee a sistemului analizat.

Rezolvarea problemelor de ordonanțare optimă a puterilor pe centralele electrice a unui sistem energetic se face considerînd că puterea activă este acoperită de centrale termoelectrice, neglijîndu-se atît repartiția puterilor reactive, cît și pierderile active și reactive în sistem.

Luarea în considerație a circulației de puteri reactive între centrale și considerarea pierderilor în rețele în cadrul optimizării clasice a funcționării sistemului energetic se face corectînd caracteristicile de consum specific suplimentar, determinate ca soluții optime ale modelelor de ordonanțare de la nivelul întregului sistem.

La conceperea și rezolvarea unor asemenea modele se utilizează calculul variațional și funcționalele tip Euler-Lagrange.

O cale mai complexă și mai apropiată de situațiile reale întîlnite în ordonanțarea puterilor între centralele unui sistem energetic constă în optimizarea circulației de puteri între diferite tipuri de centrale termoelectrice și hidroelectrice cu rdgim impus și regim liber de energie hidraulică.

Pentru ambele situații se pleacă de la precizarea structurii funcțiilor de eficiență și de la analiza seturilor de restricții.

Scanned with OKEN Scanner

Modelele matematice liniare și neliniare pentru ordonanțarea puterilor între centralele unui sistem energetic la o funcționare de scurtă durată se pot scrie astfel:

a) Model liniar pentru funcționare instantanee:

$$Z^{pr}_{c_e} = [C_c + C_v + p_n[I_c + I_v)] = [C_c + C_{v_0} + p^c_c B_c(P) + p_n I_t] = \text{minim.} \quad (2.106)$$

b) Model neliniar de scurtă durată:

$$\left.\begin{aligned} b_1)\ Z^{pr}_{c_{nl_1}} &= \left[C^{nl}_{c_1} + C^{nl}_{o_1} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{r} p_{ij_k} B_{ij_k}(P_{ij_k})\, t_{j_1} + p_n I_{t_1}\right] \\ b_2)\ Z^{pr}_{c_{nl_2}} &= [C^{nl}_{c_2} + C^{nl}_{o_2} + \sum_i \sum_j C_i(P_{ij})\, t_{j_2} + p_n I_{t_2}] \end{aligned}\right\} \quad (2.107)$$

Restricțiile problemei de optimizat se referă la următoarele aspecte:

— puterile debitate de centrale să fie egale în fiecare moment cu puterea cerută de sistemul energetic;

— puterea emisă de fiecare centrală la nivelul unității de producție să fie cuprinsă între puterea disponibilă și puterea minimului tehnic impus de funcționarea continuă a agregatelor;

— durata de utilizare a puterii disponibile să fie mai mare decît timpul calendaristic, datorită reviziilor și reparațiilor planificate;

— numărul de agregate în funcțiune se consideră fix și de puteri egale la funcționarea instantanee și variabil la funcționarea de durată;

— resursele puse la dispoziția centralelor pe intervalul considerat sînt limitate. [Unitățile de producție — un singur fel de combustibil (relația 2.107 b_2) și cu mai multe feluri de combustibil (relația 2.107 b_1) trebuie să respecte nivelul consumurilor impuse[].

c) Model neliniar de lungă durată.

$$\left.\begin{aligned} c_1)\ Z^{pr}_{nl_1} &= \left\{C^{nl}_{c_1} + C^{nl}_{v_{01}} + \sum_i \int_{t_1}^{t_2} [\sum_k p_k B_{ik}(P_{ik})]\, dt + I_t\right\} bac \\ c_2)\ Z^{pr}_{nl_2} &= \left\{C^{nl}_{c_2} + C^{nl}_{v_{02}} + \sum_i \int_{t_1}^{t_2} C_i(P_i)\, dt + I_t\right\} bac \end{aligned}\right\} \quad (2.108)$$

Restricțiile care completează funcțiile de eficiență (2.108) pentru a forma modelul matematic de optimizare a ordonanțării puterilor pe centralele unui sistem energetic se pot scrie sub forma:

— suma puterilor disponibile a agregatelor din centrala considerată să fie mai mare decît puterea cerută de sistem în intervalul de calcul;

— numărul de agregate din diferite combinații să fie mai mic, cel mult egal cu numărul de agregate existent în centrală;

— puterea fiecărui agregat să fie cuprinsă între puterea minimă și puterea disponibilă maximă;

— puterile cerute de centrală și cele cerute de consumator fiind funcții de timp, trebuie ca energiile produse la nivelul grupurilor în funcțiune să fie mai mari ca cele cerute de sistem pentru a acoperi consumurile serviciilor interne;

— consumurile necesare de resurse să fie mai mici la limită egale cu cantitățile de combustibil disponibil la nivelul sistemului.

În relațiile (2.106)—(2.108) intervin următoarele mărimi:

C_c; C_v; I_c; I_v sînt cheltuielile și investițiile constante (c) și variabile (v); C_{v_0} — cheltuielile pentru consumul de mers în gol; p_n — coeficientul de eficiență al investițiilor (I); p^c_c — costul combustibilului; $B_c(P)$ — cantitatea de combustibil funcție de puterea (P), cerută de sistem; Z_{cn_1}; Z_{cn_2} — funcțiile de eficiență pentru modelul neliniar pe durata (t_j) de funcționare a sistemului, cînd centralele consumă un singur fel de combustibil (2) sau mai multe feluri; (1) p_{ijk} — prețul de cost al combustibilului; B_{ijk} — cantitatea de combustibil de sortimentul (k), pentru centrala (i), care acoperă palierele (j) ale curbelor de sarcină.

Scanned with OKEN Scanner

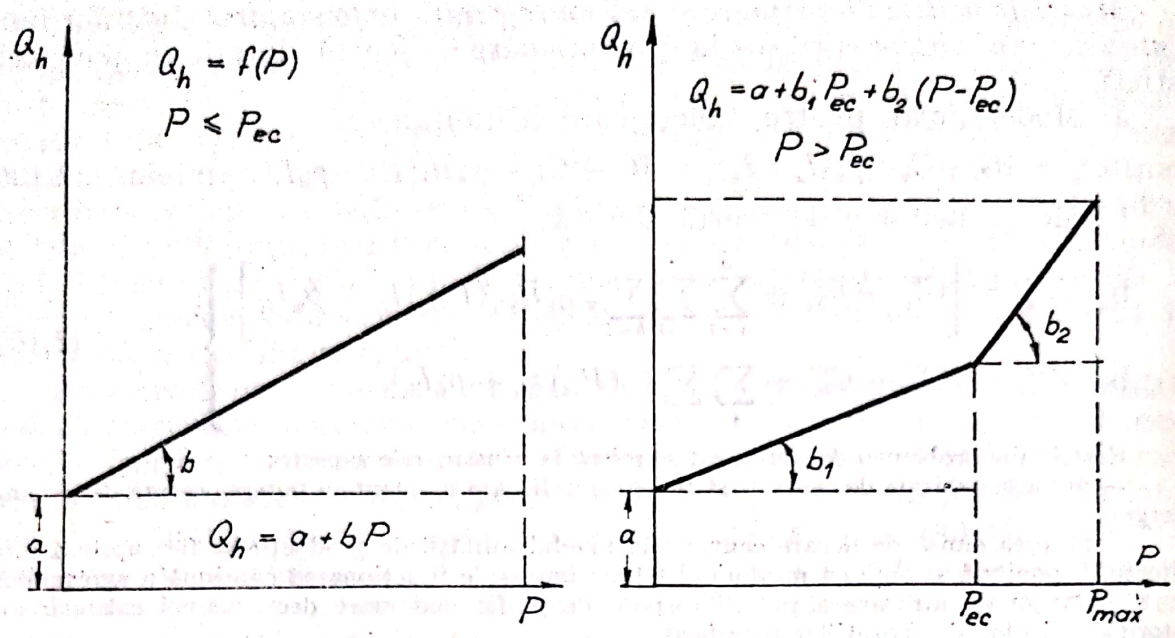


Fig. 2.10. Caracteristicile liniare și neliniare ale grupurilor energetice.

Pentru determinarea cantităților de combustibil necesare funcționării centralelor electrice se utilizează caracteristicile energetice ale agregatelor de forma (fig. 2.10):

$$\left.\begin{aligned} & B_i = f(Q);\ Q_e = f(P);\ C_i = f(P) \\ & B_{nl} = a_g^c + b_{ec}^c Q_{ec} + b_m^c Q_m; \\ & Q_{nl} = a_g^t + bP_{ec} + b_2(P - P_{ec}); \\ & C_i = a_i + b_i P_i + 0{,}5\, c_i P_i^2 \end{aligned}\right\} \qquad (2.109)$$

în care: B_l; B_{nl} reprezintă caracteristicile energetice liniare (l) și neliniare (nl) ale cazanelor din centrală; Q_l; Q_{nl} — caracteristicile energetice liniare (l) și neliniare (nl) ale turbinelor; Q_{ec}; Q_m — consumurile de abur la sarcini economice (P_{ec}) și la sarcini mai mari ca cele economice ($P - P_{ec}$); a_g^c; a_g^t — consumurile la mers în gol ale cazanelor (a_g^c) și respectiv ale turbinelor (a_g^t); b_{ec}^c; b_m^e — consumurile specifice suplimentare la sarcini economice (b_{ec}^c) și la sarcini mai mari ca cele economice (b_m^c) preluate de cazane; b_1; b_2 — consumurile specifice suplimentare ale turbinelor la sarcini economice (b_1) și la sarcini mai mari ca cele economice (b_2); C_i — caracteristica cheltuielilor unei centrale în funcție de puterea (P_i) produsă; a_i — cheltuielile pentru consumul de mers în gol; b_i — cheltuielile specifice (lei/kW) pentru sarcini mai mici sau egale cu cele economice; c_i — cheltuielile specifice pentru puteri mai mari ca cele economice.

Dacă agregatele au caracteristici energetice liniare, atunci ordonanțarea optimă a puterilor pe centralele unui sistem energetic se face în mod practic în ordinea crescătoare a consumurilor specifice suplimentare (b). Cînd agregatele au caracteristici energetice neliniare, iar restricțiile problemei apar sub formă de egalități, atunci ordonanțarea optimă a puterilor se obține prin metoda multiplicatorilor Lagrange. În acest caz ordonanțarea optimă rezultă pe baza egalității consumurilor specifice a centralelor din sistem, care contribuie în paralel la acoperirea unui palier de sarcină.

Condiția de realizare a ordonanțării optime pe planul indicatorilor valorici constă în faptul că producerea și transportul unui (kWh) de la sursă la

consumator trebuie să se facă la același cost, calculat la nivelul sistemului, indiferent de centralele electrice care participă la acoperirea curbelor de de sarcină.

Modelele matematice de ordonanțare cu restricții sub formă de inegalități se rezolvă fie prin metoda funcțiilor de penalizare, fie prin metode ale programării neliniare, cum ar fi: metode de gradient sau metoda Branch and Bound.

La aplicarea metodei multiplicatorilor Langrange, pentru găsirea soluției optime de funcționare a sistemului se presupune fixă componența agregatelor la o stare dată a sistemului. Dacă la o stare de funcționare a sistemului numărul de agregate este variabil, atunci durata de funcționare se împarte în intervale, care înlesnesc să rămînă în funcțiune un număr constant de agregate.

Datele din literatură și cele din exploatarea sistemelor energetice arată că, la variații ale sarcinii între valori minime și maxime, abaterile de la consumurile determinate de caracteristicile energetice și cele din practică sînt de circa 2%, datorită condițiilor locale de funcționare a agregatelor (variația temperaturii apei de răcire, modificarea calității cărbunelui, uzura cazanelor și a turbinelor etc.). Dacă în calculele practice se folosesc caracteristici energetice liniare în locul celor neliniare, atunci eroarea la ordonanțarea optimă a puterilor pe centrală este de (0,2—2,5%), pentru întregul sistem analizat.

Pentru rezolvarea modelelor (2.106) (2.108) se transformă funcțiile de eficiență în ideea extremizării doar a părții variabile din structura funcției.

După transformare, modelul liniar se rezolvă cu ajutorul programării liniare, iar modelele neliniare se rezolvă, fie cu ajutorul funcționalei Euler-Lagrange, fie cu ajutorul algoritmului Little. Dacă se transformă modelul neliniar al ordonanțării (într-un model secvențial de tip Bellman, atunci la rezolvarea acestuia se poate utiliza metoda programării dinamice.

Pentru a arăta modul în care se aplică *metoda multiplicatorilor Lagrange* în *maniera funcționalei Euler*, se va forma funcția de optimizat pe baza părții variabile a modelului (2.108c_2), ținînd seama și de prezența în sistem a centralelor hidroelectrice.

Funcțiile de eficiență pentru cele două categorii de centrale termoelectrice (CTE) și centrale hidroelectrice se pot scrie sub următoarea formă:

$$\left.\begin{aligned} Z_V^{CTE} &= \int_{t_1}^{t_2} \sum_i C_i(P_{ij})\, dt; \\ Z_V^{CHE} &= \int_{t_1}^{t_2} \sum_h p_h D_h(P_{hj})\, dt. \end{aligned}\right\} \qquad (2.110)$$

Funcția de eficiență a ansamblului de centrale supusă condițiilor de extrem și restricția de bază a problemei de ordonanțare optimă se pot prezenta sintetic astfel:

$$\left.\begin{aligned} Z_t &= \int_{t_1}^{t_2} \sum_i C_i(P_{ij})\, dt + \int_{t_1}^{t_2} \sum_h p_h D_h(P_{hj})\, dt = \text{minim} \\ \sum_i (P_{ij}) &+ \sum_h (P_{hj}) = P_{cs} + p;\ j = (1 \dots p) \end{aligned}\right\} \qquad (2.111)$$

Funcționala Euler-Lagrange se poate scrie astfel:

$$F_{EL} = \sum_i C_i(P_{ij}) + \sum_h p_h D_h(P_{hj}) -$$

$$- \lambda\left(\sum_i P_{ij} + \sum_h P_{hj} - P_{cs} - p\right) = \text{minim} \qquad (2.112)$$

Făcînd derivata funcționalei (F_{EL}) în funcție de puterile centralelor termoelectrice (P_{ij}) și apoi în funcție de puterile centralelor hidroelectrice (P_{hj}) se obțin următoarele tipuri de relații:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\mathrm{d}\,C_i}{\mathrm{d}\,P_{ij}} - \lambda\left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_{ij}}\right) = 0; \\ p_h \frac{\mathrm{d}\,D_h}{\mathrm{d}\,P_{hj}} - \lambda\left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_{hj}}\right) = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (2.113)$$

Pentru aplicarea metodei multiplicatorilor Lagrange (λ) la determinarea puterilor (P_{ij}) și (P_{hj}) este necesar ca funcția de cheltuieli să fie exprimată prin funcții derivabile.

După unii autori, interpretarea economică a multiplicatorilor Lagrange (λ) ar consta în faptul că acestea pot juca rolul „prețurilor umbră" din cadrul modelelor de optimizare a regimurilor de funcționare la nivelul întregului sistem. În realitate multiplicatorii Lagrange au semnificația unor consumuri specifice diferențiale. Condiția de extrem (minim) a funcționalei (F_{EL}) este respectată în ideea că minimul funcționalei cade în interiorul restricțiilor, dacă consumurile specifice diferențiale, determinate în raport cu puterile date de fiecare centrală electrică, sînt egale la nivelul sistemului energetic analizat.

Construirea *modelului matematic al ordonanțării producției în manieră Bellman* și rezolvarea acestuia cu ajutorul programării dinamice se poate urmări în literatură [22; 45].

Tipurile de modele pentru ordonanțarea puterilor pe centralele unui sistem energetic permit și deteminarea rezervei optime de putere, ținînd seama de siguranța în funcționare a grupurilor din cadrul combinațiilor de agregate care contribuie la acoperirea curbei de sarcină. Astfel, pentru fiecare treaptă de putere și pentru fiecare combinație de agregate în funcțiune se pot calcula cheltuielile pentru energia nelivrată. La calculul acestor cheltuieli se iau în considerație probabilitățile de succes și cele de insucces ale grupurilor din combinația analizată.

Rezolvarea unor probleme de ordonanțare a producției de energie pe centralele unui sistem energetic implică calcule laborioase, care nu se pot face decît la calculator pe bază de programare. Din biblioteca de programe, pentru rezolvarea optimală a ordonanțării producției, conducerea dispecerului național aplică programul „Simplex"; programul „Repac" și programul „Nera" și are în pregătire o serie de programe complexe pentru urmărirea în timp real a circulației de putere la nivelul sistemului energetic. Programul „Repac" urmărește determinarea ordonanțării optime a puterilor active pe centralele unui sistem energetic, iar programul „Nera" permite calcularea

Scanned with OKEN Scanner

regimurilor de funcționare optimă a centralelor pentru preluarea unor paliere de putere impuse de consumatori. Neajunsul acestui program constă în faptul că se lucrează cu consumuri medii, ceea ce duce la erori sensibile față de realitate. Înlăturarea acestor inconveniente se va face prin tehnica protocoalelor, posibilă a fi aplicată o dată cu implementarea calculatoarelor de proces care vor permite utilizarea modelelor neliniare de ordonanțare optimă a puterilor pe durată lungă de funcționare a sistemului energetic național.

Legarea producției de resursele necesare funcționării centralelor electrice din sistem și evitarea penuriei de combustibil se fac prin minimizarea cheltuielilor totale, în care apar: (Z_{ac}^{rc}) și (Z_{ec}^{pn}), sub următoarea formă:

$$Z_{ac}^{c} = Z_{ac}^{pr} + Z_{ac}^{rc} + Z_{ac}^{pn} = Z_{sg} = \text{minim.} \qquad (2.114)$$

Rezolvarea unei asemenea probleme se face în strînsă legătură cu rezolvarea ordonanțării optime a resurselor, la nivelul sistemului de energie.

În acest scop vom arăta, în cele ce urmează, modalitățile în care se poate face încadrarea funcționării de durată a sistemului energetic în structura sistemului de energie. Un sistem de energie cuprinde: instalațiile pentru producerea, transportul și utilizarea combustibilului; instalațiile electrice și termoenergetice pentru producerea, transportul și utilizarea energiei electrice și termice și instalațiile feroviare, care preiau din sistemul de energie și utilizează combustibil, energie electrică și energie termică. Legătura dintre sursele de combustibil și consumatorii de energie se realizează prin trei lanțuri energetice caracterizate astfel; lanțuri energetice care alimentează consumatorii dintr-o singură sursă; lanțuri energetice care alimentează consumatorii cu o singură formă de energie primară, produsă de mai multe surse și lanțuri energetice care alimentează consumatorii cu mai multe forme de energii interschimbabile, produse de mai multe surse.

Lanțurile energetice pot fi cu una, două sau mai multe trepte de transformare a energiei, așa cum rezultă din schema prezentată în fig. 1.4.

Pentru construirea modelului matematic al optimizării unui sistem de energie, care include sistemul energetic, sînt necesare următoarele precizări și date: cheltuielile lanțurilor energetice de transport sînt diferite de la un lanț la altul, pentru că sursele primare au poziții diferite față de consumatori, formele de energie primară (combustibil, gaze, energie hidraulică etc.) se pot stoca, iar energia electrică și căldura n-au posibilitatea de stocare decît parțial și incomplet.

Datele necesare formalizării matematice a funcțiilor de eficiență și a restricțiilor pentru modelele liniare și neliniare de optimizare a unui sistem de energie se referă la: cantitățile de energie utilă pe consumatori echivalenți și pe centre de consum, date de calcul privind costurile specifice ale energiei livrate de lanțurile energetice, tipurile de combustibil necesar funcționării sistemului etc.

Înlocuirea instalațiilor individuale cu cele echivalente la nivelul consumatorilor, la nivelul lanțurilor energetice și la nivelul surselor se face ținînd seama de același amplasament, de indicatorii tehnico-economici apropiați și de condițiile interșanjabilității surselor de combustibil. Pe această cale modelul

Scanned with OKEN Scanner

de optimizare a sistemului de energie are o formă dimensională mai redusă și poate duce la soluții optimale cu precizii practic admisibile.

Modelele matematice liniare și neliniare pentru funcționarea de durată a sistemului de energie se pot scrie sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} Z_{sg}^{l(nl)} &= \sum_i [C_{gol} + \sum_j c_{sj} E_{pl_j} t_f + C_{pn} + I_{rc} + I_{pn}]^{l(nl)} (1 + p_n)^{-t} = \text{minim}; \\ Z_{sg}^{vl} &= \sum_i [\sum_j c_{sj} E_{pl_j} t_f]^{(l)} [1 + p_n]^{-t} = \text{minim}; \\ Z_{sg}^{vnl} &= \sum_i [\sum_j c_{sj} E_{pl_j} t_f]^{(nl)} [1 + p_n]^{-t} = \text{minim}. \end{aligned}\right\} \quad (2.115)$$

Prin neglijarea părții constante a funcționalei de performanță $[Z_{sg}^{l(nl)})$ s-au obținut funcționalele pentru modelul liniar (Z_{sg}^{vl}) și pentru modelul neliniar (Z_{sg}^{vnl}).

În structura acestor funcționale intervin următoarele mărimi:

C_{gol} sînt cheltuielile pentru pierderile în sistem, independente de sarcină; c_{sj} — creșterea specifică a cheltuielilor orare la creșterea producției; t_f — durata de funcționare a instalației pe intervalul considerat; E_{pl_j} — producția orară de energie a lanțului (j); C_{pn} — cheltuielile cu penuria de resurse și cele legate de întreruperea funcționării lanțurilor energetice datorită avarierii lor în timpul considerat în calcul; I_{rc}; I_{pn} — investițiile pentru coordonarea resurselor cu consumul (I_{rc}) și cele legate de penuria de resurse, inclusiv cele necesare procurării aparaturii pentru depistarea cauzelor de întreruperea funcționării lanțurilor energetice; p_n — coeficientul de eficiență economică.

Restricțiile generale ale optimizării funcționării unui sistem de energie ce se iau în considerație la găsirea extremului (minim) al cheltuielilor (2.115) se pot formula astfel:

— energia utilă livrată de lanțurile energetice să fie egală cu energia cerută la consumator;

— resursele disponibile să fie mai mari decît energia primară solicitată prin lanțurile energetice în funcțiune;

— capacitatea lanțurilor energetice de transport și de distribuție a energiei trebuie să fie mai mare decît energia cerută la consumator;

— siguranța în funcționare trebuie asigurată pe întregul lanț energetic echivalent sursă-consumator, așa fel încît calitatea energiei livrate să se înscrie în prevederile legale;

— la determinarea regimurilor de funcționare ale lanțurilor energetice trebuie avute în vedere condițiile specifice de funcționare ale instalațiilor de tracțiune feroviară.

Modelele de ordonanțare a producției la nivelul unui sistem de energie au caracter determinist, respectiv probabilist, după cum puterile, respectiv energiile au caracterul probabilist sau neprobabilist al sarcinilor de pe palierele curbelor de sarcină pe perioada studiată. Formele probabiliste ale modelelor (2.105) pentru sisteme cu structuri discrete și pentru sisteme cu structuri

Scanned with OKEN Scanner

continue se pot urmări în literatura de specialitate [114], unde se arată și modul de rezolvare a problemei în condiții de risc.

Funcționalele de performanță (2.115) se pot rezolva cu diverse metode și algoritmi, în funcție de caracterul liniar sau neliniar al relațiilor supuse condițiilor de extrem.

Astfel, dacă relațiile (2.115) au caracter liniar, atunci optimul se obține fie prin aplicarea algoritmului Simplex, fie prin aplicarea algoritmului Gomory.

În cazul unor relații neliniare (2.110), optimul se obține, fie prin aplicarea algoritmului secvențial tip Bellman, fie prin utilizarea algoritmelor speciale (metode de gradient, Branch and Bound, algoritmul Little etc.).

Experiența aplicării unor asemenea modele la ordonanțarea optimă a puterilor, la nivelul centralelor unui sistem energetic și a energiilor la nivelul unităților de producție, transport și distribuție a unui sistem de energie arată că se obțin economii (5÷10%) la cheltuielile totale, față de metodele empirice utilizate, iar cantitățile de energie primară economisite sînt (3÷5%) din totalul energiei de la nivelul sistemului analizat.

Extinderea unor asemenea modele și a tehnicilor de optimizare cu care operează ingineria sistemelor va fi posibilă și în condițiile exploatării sistemului de energie românesc, o dată cu creșterea numărului și capacităților calculatoarelor de proces, care au început să funcționeze, atît în cadrul centralelor electrice, cît și la nivelul dispecerului energetic național.

Exemple de calcul

Exemplul 1. Se consideră o centrală electrică de 1000 MW. Grupurile funcționează 4 h pe zi cu o încărcare de 200 MW și două ore cu o încărcare de 150 MW, iar restul de 18 h centrala este încărcată la puterea ei nominală. Pentru transportul cărbunelui la centrală se utilizează vagoane de 80 t. Ritmurile de sosire a vagoanelor în depozitul centralei se consideră $\left(\frac{1}{5};\ \frac{1}{6};\ \frac{1}{7}\right)$ sosiri pe minut. Stația de descărcare este dimensionată pentru $n_{sv} = \left(\frac{1}{4};\ \frac{1}{8}\right)$ serviri/min. Sosirile și servirile respectă legea Poisson în regim staționar. Cînd se formează stocurile aportul zilnic (24 h) de cărbune în centrală este: $B_t = 15\,680$ t. Cererea de combustibil urmărește evoluția cererii de putere și respectă o lege gaussiană. Abaterea mediei $\sigma = 209$. Coeficientul de risc $K_r = 1{,}57$.

Caracteristicile benzei de transport $l_b = 515$ m; $\gamma_b = 300$ kg/m. $p_c^b = 18{,}76$ lei/kg.

Costul orar al așteptării unui vagon $c_1 = 20$ lei/h iar cheltuielile de reutilizare a stației de descărcare sînt de 0,35 lei/t de combustibil (cheltuielile de întreținere 0,05 lei/t; cheltuielile de personal 0,1 lei/t; cheltuielile de amrotizare 0,2 lei/t.) Cărbunele transportat cu ajutorul benzilor în centrale și depozit are o greutate volumetrică $\gamma_c = 0{,}85$ t/m³ și $P_{ci} = 3500$ kcal/kg.

Distribuirea cărbunelui spre sala buncărelor se face cu benzi transportoare simple ($n_{bt} = 1$) sau duble ($n_{bt} = 2$). Primul complex de benzi are trei căderi pe an iar timpul de revizie este de $t_r = 20$ h/cădere.

Duratele de succes (de funcționare continuă) între căderi $ts = 2900$ h. La al doilea complex de benzi ($n_{bt} = 2$) se determină un timp de insucces $t_{nf} = 10$ h.

Prețul energiei nelivrate $p_e^{en} = (5 - 100)$ lei/kWh în funcție de pagubele provocate la furnizorul și consumatorul de energie.

Se cere:

a. Calcularea cheltuielilor cu așteptarea în cazul folosirii ritmurilor de sosire specificate și indicarea soluțiilor de organizare a depozitului de combustibil.

b. Aplicarea teoriei stocurilor pentru dimensionarea buncărelor.

c. Analiza siguranței în funcționare a sistemelor de benzi transportoare și alegerea variantei optime utilizînd criteriul termenului de recuperare și al cheltuielilor anuale de calcul.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvare

a) Analiza sosirilor vagoanelor încărcate cu cărbune la centrală se face pe baza cheltuielilor cu așteptarea scrise sub forma:

$$C_{ta} = C_1 t_{ac} + c_2 t_{af} = \left[c_1 \cdot n_{so} d_{nso} + c_2 \left(h_2 - n \cdot s \cdot \frac{h}{60}\right)\right];$$

Dacă vagoanele sosesc din cinci în cinci minute atunci cheltuielile cu așteptarea au valoarea:

$$C_{ta}^{(5)} = \left\{20 \cdot 24 \cdot 60 \cdot \frac{1}{5}\left[\frac{1}{n_{sv} - n_{so}} - \frac{1}{n_{sv}}\right] + \frac{0{,}35 \cdot 15680}{24}\left[24 - \frac{288{,}4}{60}\right]\right\} n_z$$

$$C_{ta}^{(5)} = 365\left\{20 \cdot 24 \cdot \frac{60}{5}\left[\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}}\right] + \frac{0{,}35 \cdot 15680}{24}\left[24 - \frac{286{,}4}{60}\right]\right\} = 2660 \times 365 \text{lei/an.}$$

$$t_{ac} = n_{so} d_{nso} = 24 \text{ h } 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{5} \cdot \left[\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}}\right] = 77 \text{ h}$$

unde: n_{s_o} este numărul sosirilor în 24 ore $= 24 \cdot 60 \cdot 1/5 = 288$ sosiri;

d_{ns_o} — durata medie a servirilor $= \left[\frac{1}{n_{sv} - n_{so}} - \frac{1}{n_{sv}}\right] = \left[\frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{5}} - \frac{1}{\frac{1}{4}}\right] = 0{,}267$ h;

$$t_{as} = 24(\text{h}) - \frac{28 \times 4 \text{ min/servire}}{60} = 24 - 19{,}2 = 4{,}8 \text{ h};$$

$$c_2 = \frac{0{,}35 \cdot B_t}{h_z} = \frac{0{,}35 \times 15680}{24} = 234 \text{ lei/h.}$$

Pentru durate de sosire de 6 și 7 min rezultă următoarele cheltuieli cu așteptarea:

$C_{ta}^{(6)} = (2512 \times 365)$ lei/an; $C_{ta}^{(7)} = (2758 \times 365)$ lei/an

$C_{ta}^{(5)} = 97\,000$ lei/an; $C_{ta}^{(6)} = 92\,000$ lei/an; $C_{ta}^{(n)} = 101 \cdot 10^3$ lei/an.

Organizarea depozitului se face sub forma arcelor de cerc cu un unghi la centru de 90° sau sub forma piramidelor spațiale și prismă triunghiulară culcată pe una din fețe.

b) Dimensionarea buncărelor pe baza teoriei stocurilor;:

$$V_{buncăr} = \frac{B\ stoc}{\gamma_e} = \frac{B\ curent + B\ disc}{\gamma_c} = \frac{B_r}{h_z} \cdot \frac{1}{\gamma_c} + \frac{kr \cdot \sigma}{\gamma_c} =$$

$$= V_{buncăr} = \frac{15680}{24} \cdot \frac{1}{0{,}85} + \frac{1{,}57 \times 209}{0{,}85} = 1155 \text{ m}^3;$$

$V_b = \frac{635 \times 328}{0{,}85} = 1155$ m³. Dacă brisc $= 0$, atunci $V_b = 775$ m³.

Dacă nu s-ar ține seama de condițiile probabile de întrerupere a alimentării cu combustibil și deci ($B\ risc = 0$) ar rezulta un buncăr mai mic, dar la o eventuală cădere a alimentării cu combustibil a buncărilor pierderile de energie ar implica cheltuieli cu mult mai mari decît cele necesare supradimensionării depozitelor intermediare (buncăre). Este foarte probabil ca preîntîmpinarea căderilor să se facă prin asigurarea unui coeficient de succes corespunzător (deoarece se proiectează două benzi transportoare) și atunci economia la volumul clădit al centralei ar acoperi eventualele cheltuieli cu creșterea numărului de benzi.

Scanned with OKEN Scanner

c) Siguranța în funcționare a numărul de benzi se determină cu relația de forma:

$$t_{rc} = \frac{I_2 - I_1}{C_1 - C_2} \gtrless t_{rn}; \quad Z_{SF} = \left[\sum_{g=1} n_j c_j + s(1-p)\right] = \text{minim.}$$

Restricția pentru rezolvarea modelului cheltuielilor cu siguranța în funcționare se referă la egalitatea dintre debitul transportat de benzi și debitul necesar și la egalitatea dintre timpul de funcționare al benzilor și timpul de funcționare al centralei electrice la vîrful sistemului.

Investițiile (I_1, I_2) și cheltuielile anuale (C_1, C_2) pentru cele două tipuri de benzi transportoare se calculează astfel:

$$I_2 = 2I_1; \; I_1 = l_b \gamma_b \cdot p_c^b = 515\,[\text{m}]\; 300\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right] 18{,}76\,[\text{lei/kg}] = 2{,}9 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$I_2 = 5{,}8 \cdot 10^6 \text{ lei};$$

$$C_1 = n_c \cdot t_{rep}^{av} \cdot P_c^{iav} \cdot p_c^{en} = 3 \times 20 \times 10^6 \cdot p_c^{en} = 60 \cdot 10^6 p_c^{en} \frac{\text{lei}}{\text{an}};$$

$$t_{rc} = \frac{5{,}86 \cdot 10^6 - 2{,}9 \cdot 10^6}{(60 p_c^{en} - 10 p_c^{en}) 10^6} = \frac{2{,}9}{50 \cdot p_c^{en}} = 12{,}5 \text{ ani} = t_{rn};$$

$$p_c^{en} = \frac{2{,}9}{62{,}5} = 4{,}6 \text{ lei/kWh}) < (5 \ldots 50) \text{ lei/kWh}.$$

Cheltuielile cu siguranța de funcționare se determină astfel:

$$Z_{SF_1} = \sum_{\bar{a}} n_j c_j + s(1-p) = 2{,}9 \cdot 10^6 + 60 p_c^{en} \cdot 10^6 \frac{3 \times 20}{8760} =$$

$$= 8{,}33 \cdot 10^6 \text{ lei/an} = Z_{e_1} = C_e + p_n I_e;$$

$$Z_{SF_2} = \left((5{,}8 \cdot 10^6 + 10 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot \frac{10}{8760}\right) = 5{,}8 \cdot 10^6 + \frac{10^6}{0{,}878} =$$

$$= (5{,}8 \times 1{,}14) \cdot 10^6 = 6{,}94 \cdot 10^6 \text{ lei/an} = Z_{e_2};$$

$Z_{SF_2} < Z_{SF_1}$ rezultă că se acceptă soluția cu două sisteme de benzi transportoare.

Centrala de 1000 MW va fi echipată cu două sisteme de benzi transportoare și va primi combustibil solid în vagoane de 80 t care vor sosi din șase în șase minute la estacadă.

Exemplul 2. Pentru a ilustra modul de aplicare a programului REPAC (repartiția puterilor active pe centrale) se va face apel la datele cu care a operat dispeceratul național în ziua de 23 decembrie 1975. Detalierea repartiției sarcinii electrice active pe patru centrale de bază din cadrul sistemului energetic național se va face pe intervalul (0÷6) adică pe porțiunea golului de noapte și începutul creșterii consumului de energie. Puterile centralelor (I, Bor; Br; Brz) supuse analizei se dau în tabelul 10.

Caracteristicile de consum ale centralelor supuse analizei se pot urmări în tabelul 11. Curba de sarcină $P = f(t)$ a sistemului energetic are configurația din fig. 2.11.

Tabelul 10

Centrala	P_i[MW]	Nr. de grupuri	$P_{min\,t}$	P_{max}	ΔP[MW]
I	560	gr. 5	140	200	60
		gr. 6	140	200	60
Bor	315	gr. 7	140	200	60
Br	280	gr. 1	140	210	70
		gr. 2	140	210	70
Brz	385	gr. 9	140	20	80

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11

Ordinea încărcării centralelor electrice

Brz

P [MW]	B[Kg.c.c.]	$b = \frac{db}{dp}\left[\frac{\text{g.c.c}}{\text{kW}}\right]$	$C_s = \frac{B}{P}\left[\frac{\text{g.c.c.}}{\text{kW}}\right]$
120	40 800	200,00	340,000
140	44 800	200,00	320,000
145	45 900	240,00	316,551
150	47 100	269,00	314,000
155	48 400	280,00	312,258
170	52 600	300,00	309,411
190	58 600	320,00	308,421
200	61 800		309,000
I grupuri 5 și 6 (aceiași caracteristică; grupuri identice)			
140	44 300	220,00	316,428
145	45 400	240,00	316,103
150	46 600	260,00	316,666
155	47 900	280,00	309,032
170	52 100	300,00	306,47
190	58 100	319,00	305,789
200	61 290		306,450
Bor grupul 7			
140	44 200	220,00	315,714
145	45 300	240,00	312,413
150	45 600	260,00	310,000
155	47 800	280,00	308,378
170	52 000	301,20	305,882
190	55 012	320,00	289,536
200	58 212		291,060
Br grupuri 1 și 2 (identice)			
140	44 100,0	275,33	315,000
185	56 489,8	280,00	305,350
195	59 289,8	268,00	304,050
205	60 719,8	294,00	296,190
210	62 189,8		296,140

Scanned with OKEN Scanner

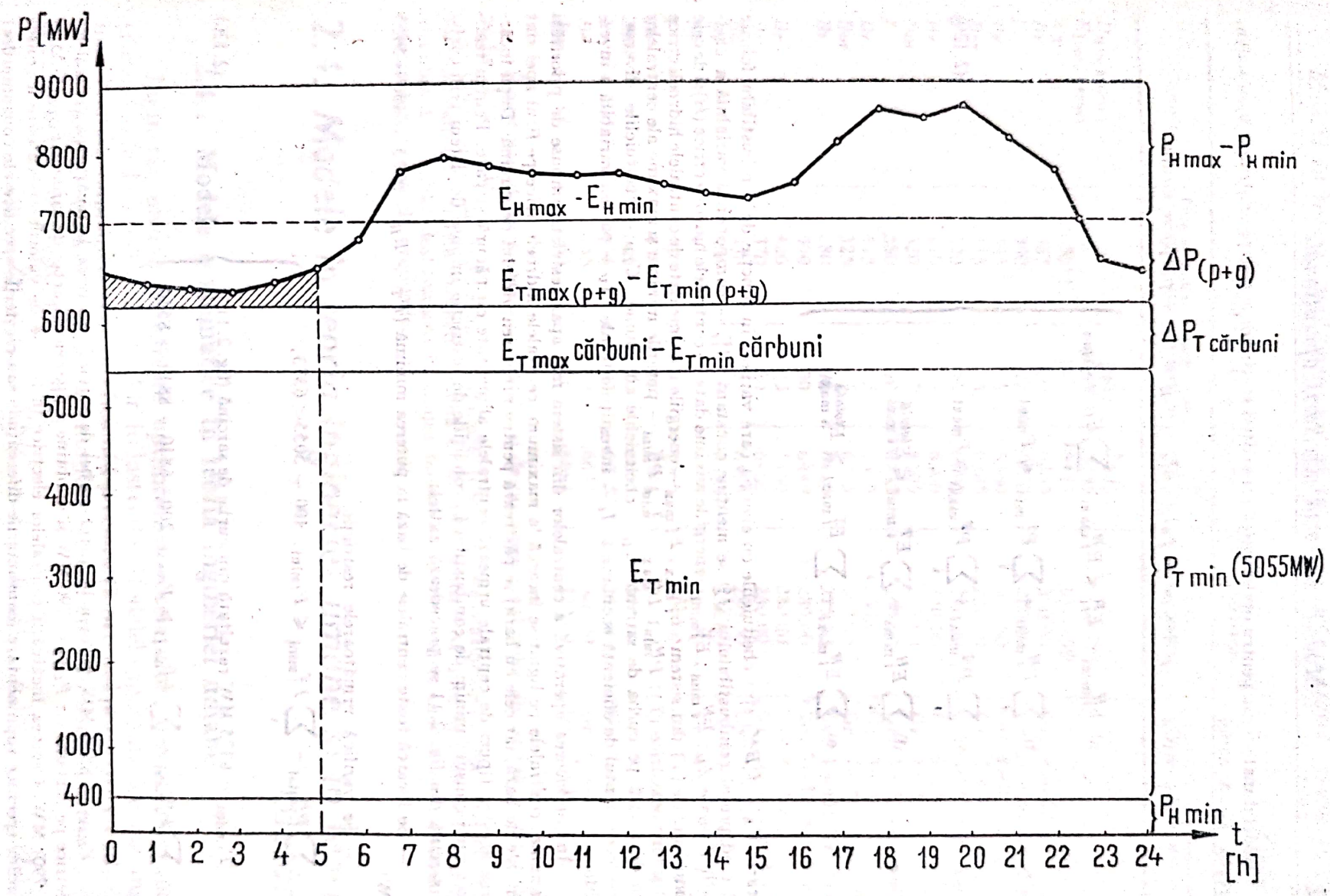


Fig. 2.11. Curba de variație a puterii electrice la nivelul sistemului energetic pentru o zi reală de funcționare.

Scanned with OKEN Scanner

Modelul matematic pentru optimizarea repartiției sarcinilor active pe centralele unui sistem energetic arată astfel:

$$Z_{tc} = (C_E + C_D + C_{DV} + p_n I_t);\ Z^v_{tc} = [C_E + C_D + p_n I_V] = \text{minim}$$

$$\left.\begin{aligned}
&\text{a)}\ E^H_{t\,\text{mini}} < E^H_{ti} < E^H_{t\,\text{maxi}};\ \sum_{i=1}^{4} E_{ti} = E_{tan}\\
&\text{b)}\ \sum_i P^H_{t\,\text{mini}} + \sum_i P^T_{t\,\text{mini}} \leqslant P_{\text{mini}}\\
&\text{c)}\ \sum_i P^H_{t\,\text{maxi}} + \sum_i P^T_{t\,\text{maxi}} \geqslant P_{\text{maxi}}\\
&\text{d)}\ \sum_i E^H_{t\,\text{mini}} + \sum_i E^T_{t\,\text{mini}} \leqslant E^{\text{totală}}_{i\,\text{mini}}\\
&\text{e)}\ \sum_i E^H_{t\,\text{maxi}} + \sum_i E^T_{t\,\text{maxi}} \geqslant E^{\text{totală}}_{i\,\text{max}}
\end{aligned}\right\} \qquad (2.129)$$

în care: $C_E = f(B p^c_c)$ sînt cheltuielile cu energia care variază în funcție de combustibilul folosit (B) cînd prețul combustibilului (p^c_c) se menține constant; Z^V_{tc} — componenta variabilă a cheltuielilor totale Z_{tc}; $E^H_{t\,\text{mini}}$; $E^T_{t\,\text{mini}}$ — energiile minime date de centralele hidroelectrice (H) și de cele termoelectrice (T) din sistem; $E^H_{t\,\text{max}}$; $E^T_{t\,\text{max}}$ — energiile maxime date de centralele hidroelectrice (H) și termoelectrice (T); P^H_{min}; P^H_{max}; P^T_{mini} P^H_{mini} — puterile minime și maxime ale centralelor care debitează pe curba de sarcină; C_D — cheltuielile cu daune, C_{DV} — cheltuielile diverse; p_n — coeficientul de eficiență economică; I_t — investițiile totale; I_V — partea variabilă a investițiilor.

În conducerea operativă a centralelor din sistem mai apar restricții impuse de priorități și anume: centralele pe lignit se încarcă la maximum, centralele hidroelectrice pe firul apei sînt centrale de bază, iar cele cu baraj se păstrează pentru preluarea vîrfului de sarcină. După încărcarea acestor tipuri de centrale urmează centralele alimentate cu păcură și gaze. Pentru realizarea unui consum minim de combustibil în condițiile de restricție impuse de sistem prin curba de sarcină din fig. 2.11 se procedează axtfel:

— Se încarcă toate centralele de bază la puterea minimă ($P_T + P_H = 5055 + 400 = 5455$ MW).

— Se verifică următoarele restricții:

$$\left.\begin{aligned}
&\sum_i P^H_{t\,\text{mini}} + \sum_i P^T_{t\,\text{mini}} \leqslant P_{t\,\text{mini}};\ 400 + 5055 < 6373;\\
&P_{t\,\text{mini}} = 6375 \text{ MW rezultată din curbe de sarcină (fig. 2.11,)};\\
&\sum_i P^H_{t\,\text{maxi}} + \sum_i P^T_{t\,\text{maxi}} \geqslant P_{\text{maxi}}\ \ 200 + 6810 = 8810 > 8510.
\end{aligned}\right\} \qquad (2.130)$$

$P_{\text{maxi}} = 8510$ MW puterea la vîrful curbei de sarcină. Se trece la încărcarea centralelor electrice pe cărbune cu $P_{CTE} = 790$ MW și se obține un palier al curbei de sarcină $P_{CTE}(5455 + 790)$ MW. Ordinea încărcării centralelor electrice în funcție de valorile crescătoare a consumurilor specifice suplimentare (consumurile diferențiale sau creșterile specifice ale consumurilor) se poate urmări în tabelul 12.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelu 12

Ordinea încărcării centralelor electrice

Centrala	Puterea inițială în centrală, MW	Încărcarea MW	Palier sistem MW	db/dp g.c.c.c./kWh	Încărcarea grupurilor centralelor [MW]
$P_{min\ hidro}$	—	400	400	—	—
$E_{1\ min\ termo}$	—	5055	5455	—	—
P_T	5055**	790*	6245	(220—488)	—
Br	385	20	6265	200,00	Gr: 9 = 20
I	560	10	6275	220,00	Gr: 5 = 5; Gr 6 = 5
Br	405	5	6280	220,00	Gr: 9=5
Bor	315	5	6285	220,00	Gr: 7=5
I	570	10	6295	240,00	Gr: 5=5; Gr: 6=5
Br	410	5	6300	240,00	Gr: 9=5
Bor	320	5	6305	240,00	Gr: 7=5
I	580	10	6315	260,00	Gr: 5=5; Gr: 6=5
Br	415	5	6320	260,00	Gr: 9=5
Bor	325	5	6325	260,00	Gr: 7=5
Br	280	90	6415	275,33	Gr: 1=45; Gr: 2=45
I	590	30	6445	280,00	Gr: 5=15; Gr: 6=15
Br	420	15	6460	280,00	Gr: 9=15
Br	370	20	6480	280,00	Gr: 1=10; Gr: 2=10
Bor	330	15	6495	280,00	Gr: 7=15
Br	390	20	6515	286,00	Gr: 1=10; Gr: 2=10
Br	410	10	6525	294,00	Gr: 1=5; Gr: 2=5
I	620	40	6565	300,00	Gr: 5=20; Gr: 6=20
Br	435	20	6585	300,00	Gr: 9=20
Bor	345	20	6605	301,20	Gr: 7=20
I	660	20	6625	319,00	Gr: 5=10; Gr: 6=10
Br	455	10	6635	320,00	Gr: 9=10
Bor	365	10	6645	320,00	Gr: 7=10

Diagramele de încărcare a centralelor și de precizare a palierelor de sarcină se pot urmări pe fig. 2.12 și 2.13.

Din compararea cheltuielilor deterministe și probabiliste ocazionate de repartiția sarcinilor pe centralele unui sistem energetic rezultă că modelul probabilist duce la cheltuieli mai mici și îmbracă mai fidel desfășurarea în timp a feneomenelor din cadrul unui sistem industrial cu structură continuă de producție.

2.4. *Modele în teoria ingineriei umane și în teoria căutării*

2.4.1. Modele matematice în teoria ingineriei umane

Ingineria umană urmărește optimizarea corelațiilor dintre om-muncă și mediu de la nivelul sistemelor industriale. Modelele matematice ale ingineriei umane cuprind funcții de eficiență și restricții privind pregătirea cadrelor și organizarea muncii. Structura funcțiilor de eficiență cu care operează ingineria umană se poate scrie astfel:

$$Z_{im}^{ac} = Z_{cf}^{ac} + Z_{rn}^{ac} = \sum_{i} (C_t + I_t - R_t)_i (1 + p_n)^{-i}. \qquad (2.131)$$

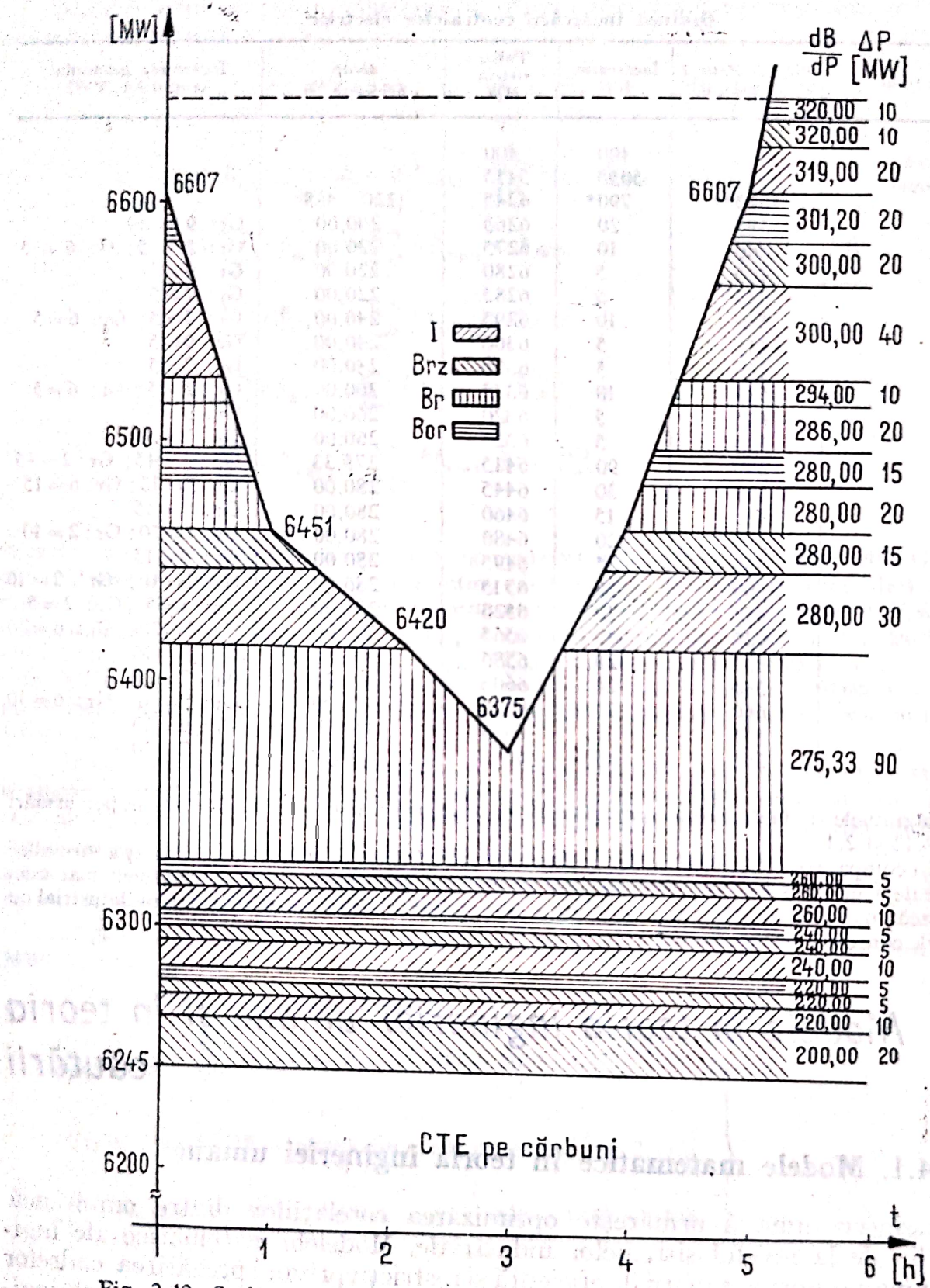


Fig. 2.12. Curba de variație a consumului specific suplimentar (consum diferențial) în funcție de puterea centralei din sistem.

Scanned with OKEN Scanner

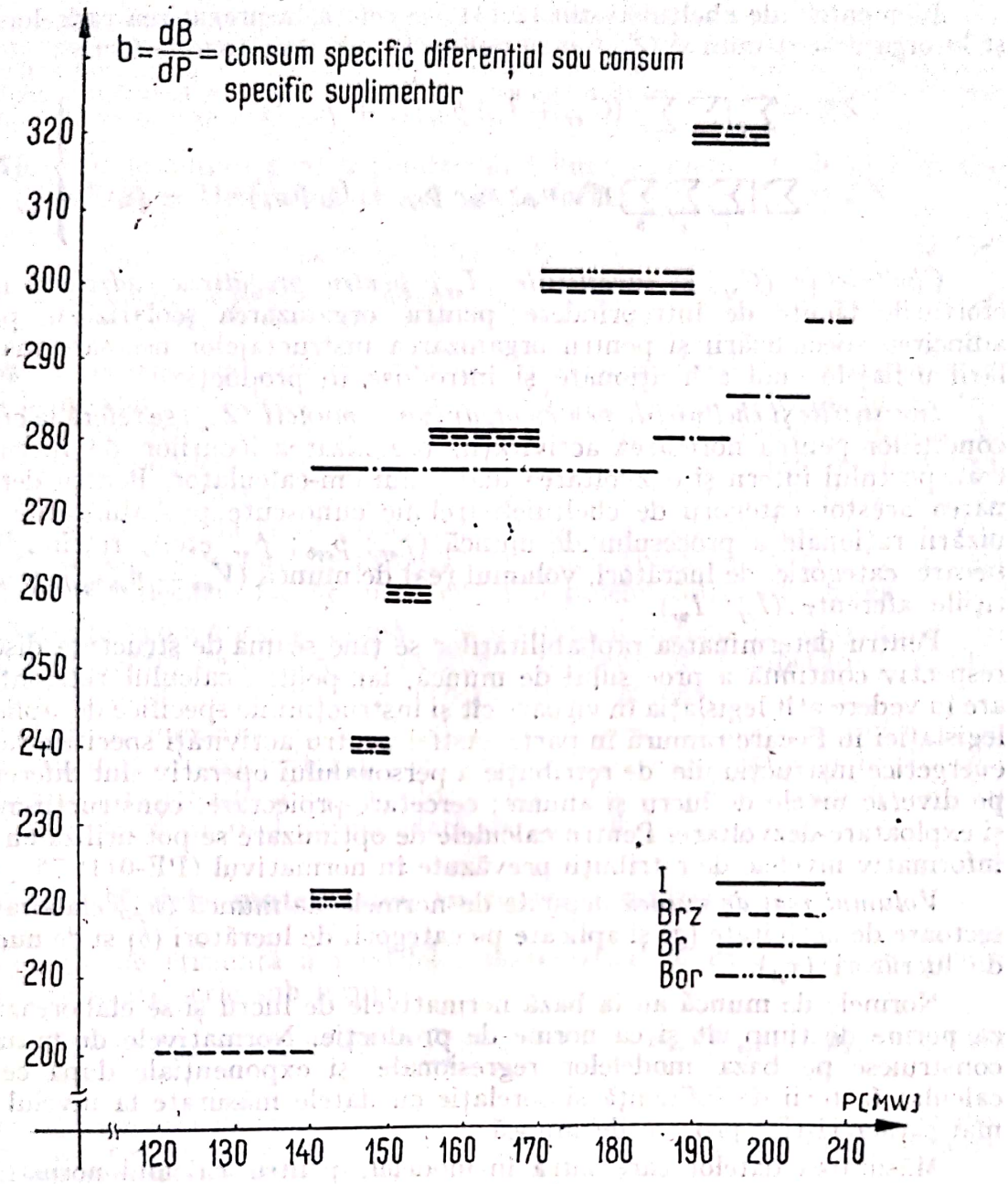


Fig. 2.13. Diagramă privind ordinea de încărcare a patru centrale electrice din sistemul energetic național.

Printre restricțiile majore ale modelului reținatenția două și anume: asigurarea unui nivel comentropic minim posibil, prin pregătirea corespunzătoare a cadrelor, prin organizarea rațională a muncii și dezvoltarea optimală a dialogului om-mașină. Aceste restricții trebuie astfel coordonate la nivelul sistemului industrial încît investițiile totale ocazionate de aplicarea în practică a ingineriei umane să fie mai mici decît cele planificate la nivelul proiectării și montajului întregului set de instalații.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele de cheltuieli din (2.131) se referă la pregătirea cadrelor (Z_{ef}) și la organizarea muncii (Z_{rn}) și se pot scrie sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} Z_{ef}^{ac} &= \sum_i \Big[\sum_e \sum_f (C_{ef} + I_{ef})\, p_{ef_i}\Big](1+p_n)^{-t} \\ Z_{rn}^{ac} &= \sum_i \Big[\sum_e \sum_g \sum_b r_c^{gb},\ n_{gb}\cdot x_{gb}\cdot p_{egb} + I_{nr}\, p_{nr_i}\Big]\cdot(1+p_n)^{-t} \end{aligned}\right\} \quad (2.132)$$

Cheltuielile (C_{ef}) și *investițiile* (I_{ef}) *pentru pregătirea cadrelor* cuprind eforturile făcute de întreprindere pentru organizarea școlarizării, pentru adîncirea specializării și pentru organizarea instructajelor necesare manipulării utilajelor noi achiziționate și introduse în producție.

Investițiile și cheltuielile pentru organizarea muncii (Z_{rn}) se referă la crearea condițiilor pentru normarea activității, organizarea locurilor de lucru și a transportului intern și dezvoltarea dialogului om-calculator. Pentru determinarea acestor categorii de cheltuieli trebuie cunoscute probabilitățile organizării raționale a procesului de muncă (p_{ef}; p_{egb}; p_{nr} etc.), retribuțiile pe fiecare categorie de lucrători, volumul real de muncă ($V_{gb} = n_{gb}x_{gb}$), și investițiile aferente (I_{ef}; I_{nr}).

Pentru determinarea probabilităților se ține seama de structura discretă, respectiv continuă a procesului de muncă, iar pentru calculul retribuției se are în vedere atît legislația în vigoare cît și instrucțiunile specifice de aplicare a legislației în fiecare ramură în parte. Astfel pentru activități specifice ramurii energetice instrucțiunile de retribuție a personalului operativ sînt diferențiale pe diverse nivele de lucru și anume: cercetare-proiectare, construcții-montaj și exploatare-dezvoltare. Pentru calculele de optimizare se pot utiliza cu titlul informativ nivelele de retribuții prevăzute în normativul (PE-011) 75.

Volumul real de muncă depinde de normele de muncă (n_{gb}) elaborate pe sectoare de activitate (g) și aplicate pe categorii de lucrători (b) și de numărul de lucrători (x_{gb}).

Normele de muncă au la bază normativele de lucru și se elaborează atît ca norme de timp cît și ca norme de producție. Normativele de muncă se construiesc pe baza modelelor regresionale și exponențiale după ce s-au calculat factorii de influență și corelație cu datele măsurate la nivelul celor mai caracteristice procese de muncă.

Măsurarea datelor care intră în modelele pentru calculul normativelor de muncă se face pe categorii de lucrători. Astfel pentru muncitori se utilizează metodele MTM (1—2—3) iar pentru personalul TESA se folosește tehnica MCD. [112].

● Normele de muncă pentru un *proces cu structură discretă* se pot calcula cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} n_{ti} &= t_{pi} + t_b + t_a + t_{at} + t_0 + t_{0n} + t_{ta}; \\ n_{ts} &= \frac{t_{pi}}{n_p} + t_b + t_a + t_{at} + t_0 + t_{0n} + t_{ta}; \\ n_{tm} &= t_b + t_a + t_{at} + t_0 + t_{0n} + t_{ta}; \end{aligned}\right\} \quad (2.133)$$

în care: n_t sint normele de timp pentru producția individuală (i) pentru producția de serie (s) și pentru producția de masă (m); t_{pi} — timpul de pregătire încheiere; t_b — timpul de bază; t_a — timpul auxiliar; t_{dt} — timpul de deservire tehnică; t_0 — timpul de deservire organizatorică; t_{on} — timpul de odihnă și necesități firești; t_{ta} — timpul de întrerupere; n_p — numărul de produse din lotul ce se prelucrează.

Normele de muncă pentru personalul tehnic, economic și de altă specialitate (T E S A) se determină cu relații de forma:

$$n_{tm} = t_{pi} + t_{0p} + t_{de} + t_{ir} \qquad (2.134)$$

în care: t_{pi} este timpul de pregătire — încheiere; t_{0p} — timpul operativ de lucru; t_{dl} — timpul pentru deservirea locului de lucru; t_{ir} — timpul de întrerupere.

● *În sistemele cu structură continuă* se dezvoltă dialogul om-calculator. Astfel la nivelul centralelor electrice acest dialog va fi amplificat prin introducerea în unitățile de producere a energiei, a calculatoarelor de proces. În aceste condiții ponderea numărului de personal TESA crește față de muncitori, iar condițiile de normare și retribuire a muncii se schimbă în ideea creșterii efortului intelectual la rezolvarea problemelor practice în raport cu efortul fizic. În această idee este de așteptat ca productivitatea muncii să crească atît la nivelul fiecărui loc de lucru cît și la nivelul întregului sistem.

Eficiența economică a normării și retribuirii muncii se determină calculînd coeficientul de eficiență economică, termenul de recuperare și venitul net obținut în urma optimizării procesului de muncă.

Exemplele numerice de la sfîrșitul acestui paragraf arată modul cum se corelează indicatorii eficienței cu elementele operative care intervin în procesul de normare și retribuire a lucrătorilor astfel ca beneficiul la nivelul întregului sistem să crească în anul de plan față de anul de bază.

2.4.2. Modele matematice în teoria căutării

Funcția de eficiență a modelelor matematice cu care operează teoria căutării se poate scrie sub forma:

$$Z_{cd}^{(pr)} = Z_{cat}^{ac} + Z_{dv}^{ac} + Z_{d}^{ac} = \sum_i (C_{cd} + I_{cd} - R_{cd})\, p_{cd_i} (1 + p_n)^{-i} \qquad (2.135)$$

în care: $Z_{cd}^{(pr)}$ reprezintă cheltuielile totale actualizate în teoria căutării și în teoria activităților diverse; Z_{cat} — cheltuielile ocazionate de aplicarea în practică a teoriei căutării; Z_{dv} — cheltuielile diverse (generale și neprevăzute); Z_d — cheltuieli cu decizia.

Funcția de eficiență a modelului matematic în teoria căutării se scrie astfel:

$$Z_{cat}^{ac} = \sum_i (C_{cc} + I_{cc} - R_{cc})_i\, (1 + p_n)^{-i} = \text{minim}, \qquad (2.136)$$

în care intervin cheltuielile (C_{cc}) și investițiile (I_{cc}) ocazionate de aplicarea teoriei căutării la depistarea calității producției și căutării defectelor ce pot apărea fie în setul de materiale ce se aduc în întreprindere fie în lotul de piese care se livrează terților. Mărimea (R_{cc}) reprezintă valoarea remanentă a instalațiilor de control al calității produselor în momentul scoaterii lor din producție.

Scanned with OKEN Scanner

Teoria căutării operează cu două categorii de costuri și anume: costul operațiilor de căutare și costul erorilor. Erorile ce pot apărea în cazul aplicării teoriei căutării la controlul calității producției pot fi de observație și de selecție.

Aceste costuri au trei componente și anume: cheltuieli pentru organizarea căutării, cheltuieli pentru evitarea erorilor și cheltuieli pentru culegerea, prelucrarea și interpretarea informațiilor selectate.

● *Structura funcției de eficiență a unui model de căutare* se poate scrie sub următoarea formă:

$$Z_{cal}^{ac} = \sum_i (Z_{cop} + Z_{cer})_i \cdot (1 + p_n)^{-i} = \text{minim}. \tag{2.137}$$

Mărimile (Z_{cop}) și (Z_{cer}) au următoarea structură:

$$\left.\begin{aligned} Z_{cop}^{ac} &= \sum_i (Z_{org}^{cop} + Z_{cer}^{cop} + Z_{pci}^{cop})_i \cdot (1 + p_n)^{-i} = \text{minim} \\ Z_{cer}^{ac} &= \sum_i (Z_{org}^{cer} + Z_{cer}^{cer} + Z_{pci}^{cer})_i \cdot (1 + p_n)^{-i} = \text{minim} \end{aligned}\right\} \tag{2.138}$$

în care: Z_{cop} sînt cheltuielile ocazionate de operațiile de căutare sub aspectul organizatoric (Z_{org}) sub aspectul evitării erorilor (Z_{cer}) și sub aspectul prelucrării informațiilor (Z_{pci}); Z_{cer} — cheltuielile ocazionate de înlăturarea erorilor posibile din cadrul unui proces de căutare.

Căutarea poate fi individuală sau colectivă și se poate referi atît la aspecte cantitative cît și la aspecte calitative. În toate situațiile se urmărește găsire modelului matematic care poate îmbrăca cît mai fidel realitatea. Aceasta revine la căutarea unui set de variabile controlabile care pot acoperi intervalul de studiu urmărit de decident în funcție de variabilele necontrolabile. Fidelitatea modelelor de căutare față de o anumită realitate studiată se probează prin calculul coeficienților de regresie și prin determinarea dispersiei.

● *Funcția de eficiență a modelului matematic al cheltuielilor diverse* se poate scrie sub forma:

$$Z_{dv}^{ac} = Z_g^{ac} + Z_{np}^{ac} = \sum_i (C_g + C_{np} + I_g + I_{np} - R_{gnp})_i \, (1 + p_n)^{-i} \tag{2.139}$$

în care: C_g; I_g sînt cheltuielile și investițiile ocazionate de transpunerea în practică a activităților generale (pază, deplasare, telecomunicații, regie etc.); C_{np}; I_{np} — cheltuielile și investițiile generate de evenimentele neprevăzute.

Funcția de eficiență a modelului matematic de deciziei se poate scrie astfel:

$$Z_d^{ac} = \sum_i (C_d + I_d - R_d)_i \cdot (1 + p_n)^{-i} = \text{minim} \tag{2.140}$$

în care: C_d, I_d sînt cheltuielile și investițiile ocazionate de un proces parțial de decizie; R_d — valoarea remanentă a instalațiilor tehnice dezafectate din procesul de decizie.

Restricțiile pentru funcțiile de eficiență (Z_{cd}); (Z_{cat}); (Z_{cop}); (Z_{cer}); (Z_{dv}); (Z_d) au forme specifice la nivelul fiecărui gen de activitate și urmăresc economisirea atît a resurselor cît și a eforturilor depuse pentru optimizarea activității la nivelul întregului sistem.

Schema logică de calcul al cheltuielilor cu ingineria umană și pentru determinarea cheltuielilor cu aplicarea la optimizarea sistemelor a teoriei căutării se poate urmări pe fig. 2.14.

Scanned with OKEN Scanner

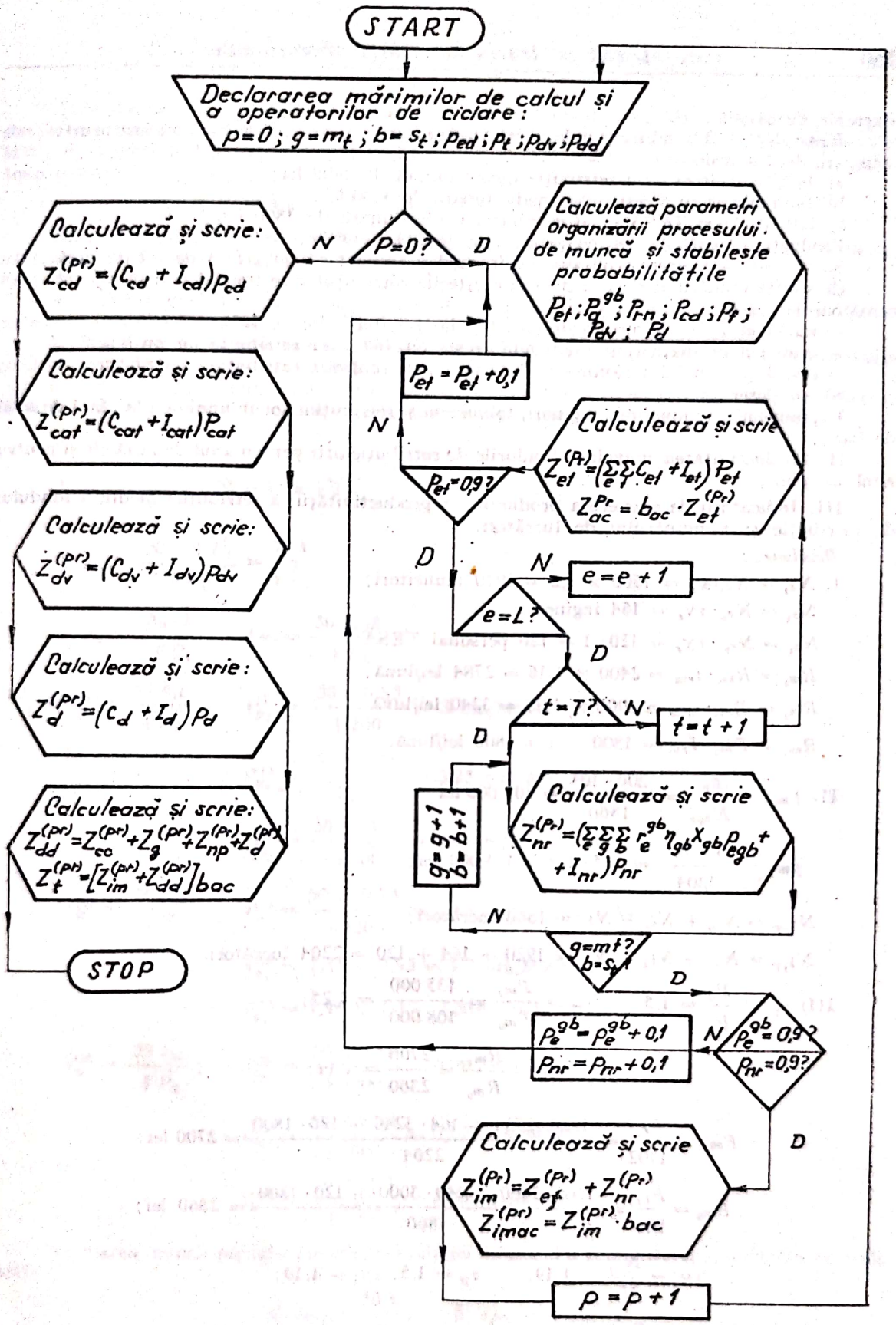


Fig. 2.14. Schemă logică generală pentru minimizarea cheltuielilor cu ingineria umană și pentru minimizarea cheltuielilor diverse.

Scanned with OKEN Scanner

Exemple de calcul

Exemplul 1. Într-o întreprindere cu caracter energetic în anul de bază au fost următoarele categorii de lucrători:

a) 1600 muncitori cu o retribuție medie lunară de 2400 lei;
b) 140 ingineri cu o retribuție medie lunară de 3000 lei;
c) 120 lucrători TESA cu o retribuție medie lunară de 1800 lei.

Producția globală în anul de bază a fost de 200×10^6 lei.

Se prevede o creștere a producției în anul planificat cu 50% față de cel de bază.

Creșterile numărului de lucrători și creșterile retribuțiilor se prevăd a fi în anul de plan următoarele:

— numărul de muncitori crește cu 20%, iar retribuția lor cu 16%;
— numărul de ingineri și tehnicieni crește cu 16%, iar retribuția lor cu 8%;
— restul personalului rămîne același fără a-și schimba retribuția și structura.

Să se determine:

I. Numărul de muncitori, ingineri, tehnicieni și retribuțiile lor în anul de plan față de anul de bază;

II. Productivitatea muncii și fondurile de retribuție atît pentru anul de bază cît și pentru anul de plan;

III. Indicatorii de creștere a producției, a productivității, a retribuției medii, a fondului de retribuție și a numărului de lucrători.

Rezolvare:

I. $N_{e_1} = N_{e_0} i_{N_e} = 1600 \times 1{,}2 = 1920$ muncitori;

$N_{e_1} = N_{e_0} \cdot i_{N_e} = 164$ ingineri;

$N_{e_1} = N_{e_0} \cdot i_{N_e} = 120 \cdot 1 = 120$ personal TESA;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot i_{rm} = 2400 \times 1{,}16 = 2784$ lei/lună;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot i_{rm} = 3000 \times 1{,}08 = 3240$ lei/lună;

$R_{m_1} = R_{m_0} \cdot I_{rm} = 1800 \times 1 = 1800$ lei/lună.

II) $p_{m_0} = \dfrac{p_0}{N_{e_{0T}}} = \dfrac{200 \cdot 10^6}{1860} = 108\,000$ lei;

$p_{m_1} = \dfrac{3 \cdot 10^8}{2204} = 135 \cdot 10^3 = 135\,000$ lei;

$N_{1_{0T}} = N_{1_0} + N_{i_0} + N_{1_0} = 1860$ lucrători;

$N_{1_{1T}} = N_{1_1} + N_{i_1} + N_1 = 1920 + 164 + 120 = 2204$ lucrători.

III) $i_p = \dfrac{P_0}{P_1} = 1{,}5; \quad i_{p_m} = \dfrac{P_{m_1}}{P_{m_0}} = \dfrac{135\,000}{108\,000} = 1{,}25;$

$$i_{sm} = \frac{R_{m_1}}{R_{m_0}} = \frac{2700}{2360} = 1{,}14;$$

$$R_{m_1} = \frac{F_{r_1}}{1102} = \frac{1920 \cdot 2784 + 164 \cdot 3240 + 120 \cdot 1800}{2204} = 2700 \text{ lei};$$

$$R_{m_1} = \frac{F_{r_0}}{930} = \frac{1600 \cdot 2400 + 140 \cdot 3000 + 120 \cdot 1800}{1860} = 2360 \text{ lei};$$

$$i_{N_1} = \frac{N_{1_1}}{N_{1_0}} = 1{,}19; \qquad i_p = 1{,}5; \; i_{N_1} = 1{,}19;$$

$$i_{F_r} = \frac{F_{r_1}}{F_{r_0}} = 1{,}36; \qquad i_{pm} = 1{,}25; \; i_{rm} = 1{,}14.$$

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2. Se prevede organizarea și normarea muncii la nivelul unor sisteme de producție cu structură continuă (centrală electrică) de diferite puteri: $P_1 = 200$ MW; $P_2 = 1200$ MW; $P_3 = 4000$ MW. Centralele pot fi alimentate cu trei tipuri de combustibil care au următoarele date:

$$k_{11} = 0{,}85; \quad k_{12} = 0{,}95; \quad k_{13} = 1{,}1.$$

Normarea muncii în cadrul atelierelor de reparații a antrenat o cheltuială anuală de 18 900 lei și a generat o economie totală în anul aplicării $E_n = 19\,300$ lei.

Se cere:

a. Scrierea modelelor matematice pentru determinarea indicelui de personal la nivelul celor trei tipuri de centrale.

b. Stabilirea numărului specific de personal pe MWi în condițiile studiului și determinarea coeficienților de normare progresivă.

c. Determinarea coeficientului de eficiență economică și a termenului de recuperare pentru situația normării muncii în cadrul atelierelor de reparație a centralelor considerate.

Rezolvare :

a) $i_{pr_1} = \dfrac{N_i}{P_i}; \quad N_i = 50\ k\ \sqrt{P_i};$

$$i_{pr_1} = \frac{50\ k\ \sqrt{P_i}}{\sqrt{P_i}} = \frac{50\ k}{\sqrt{P_i}};$$

$$i_{pr_2} = \frac{k_n \cdot k}{\sqrt{P_i}}; \quad i_{pr_2} = \frac{50\ k_{mi} k}{\sqrt{P_i}}$$

b) $i_p^{(1)} = \dfrac{50\ k_{1i}}{\sqrt{P_i}}; \quad i_{p_1}^{(1)} = \dfrac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{200}} = 3$ om/MWi;

$$i_{p_2}^{(1)} = \frac{50 \times 0{,}95}{\sqrt{200}} = 3{,}23 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_3}^{(1)} = \frac{50 \times 1{,}1}{\sqrt{200}} = 3{,}9 \text{ om/MWi.}$$

$$i_p^{(2)} = \frac{50\ k_{1i}}{\sqrt{P_2}}; \quad i_{p_1}^{(2)} = \frac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{1200}} = 1{,}44 \times 0{,}85 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_2}^{(2)} = 1{,}44 \times 0{,}95 = 1{,}3 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_3}^{(2)} = 1{,}44 \times 1{,}1 = 1{,}584 \text{ om/MWi.}$$

$$i_p^{(3)} = \frac{50\ k_{1i}}{\sqrt{P_3}}; \quad i_{p_1}^{(3)} = \frac{50 \times 0{,}85}{\sqrt{4000}} = 0{,}065 \text{ om/MWi};$$

$$i_{p_2}^{(3)} = \frac{50 \times 0{,}95}{\sqrt{4000}} = 0{,}075 \text{ om/MWi};$$

$$i_p^{(3)} = \frac{50 \times 1{,}1}{\sqrt{4000}} = 0{,}26 \text{ om/MWi.}$$

Normarea muncii permite modificarea relației de calcul a personalului specific din centrale astfel:

$$\alpha)\ i_{pr_1} = \frac{50\ k}{\sqrt{P_i}}; \qquad \beta)\ i_{pr_2} = \frac{k_n \cdot k}{\sqrt{P_i}};$$

unde k_n este coeficient de normare progresivă.

Coeficientul de normare progresivă se determină ținînd cont de curbele prezentate în literatură [33] și are următoarele valori:

$k_n = 50$ pentru $P_i \leqslant 100$ MW;

$k_n = (20 \ldots 25)$ pentru $P_i > 100$ MW;

$k_n = (15 \ldots 25)$ pentru centrale automatizate.

În noile condiții indicele specific de personal are următoarele valori:

$i_{p_{1-3}} = (1{,}25 \ldots 1{,}58)$ om/MWi la $P_i = (200 \ldots 1200)$ MW;

$i_{p_{1-3}} = (0{,}05 \ldots 0{,}36)$ om/MWi la $P_i = (1300 \ldots 4000)$ MW.

c) Eficiența economică a normării se apreciază pe baza a trei indicatori și anume: coeficientul de eficiență, termenul de recuperare și efectul net (E_n) obținut în urma normării muncii:

$$p_n = \frac{E_r}{Z_n} = \frac{19\,300}{18\,900} = 1{,}03 \text{ lei venit/leu cheltuit;}$$

$$t_r = \frac{Z_n}{E_r} = \frac{18\,900}{19\,300} = \frac{1}{1{,}03} = 0{,}97 \text{ ani;}$$

$$E_n = E_r - Z_n = (19\,300 - 18\,900) = 400 \text{ lei.}$$

2.5. *Modele în teoria investițiilor*

2.5.1. Modele matematice în teoria eficienței investițiilor

Pentru a putea construi modele matematice în teoria investițiilor care să permită optimizarea fondurilor de investiții la diverse nivele ierarhice de conducere și organizare a sistemelor industriale este necesar să se cunoască structura acestor fonduri, documentația necesară pentru realizarea obiectivelor de investiții și indicatorii pentru aplicarea eficienței investițiilor.

Investițiile cuprind totalitatea fondurilor destinate construirii de noi obiective, fonduri pentru reconstruirea, modernizarea și lărgirea unităților existente precum și fonduri pentru dezvoltarea obiectivelor social-culturale.

Dezvoltarea economico-socială a unui sistem complex în manieră sistemică trebuie să înceapă cu investiții făcute la nivelul consumatorilor, apoi să se treacă la nivelul ramurii, respectiv la nivelul economiei naționale. Toate aspectele care apar la nivelul fiecărui sistem component din cadrul ansamblului general trebuie coordonate între ele și trebuie sincronizate cu restricțiile impuse de mediu.

În vederea creșterii operativității de întocmire și transpunere în practică a proiectelor de realizare a obiectivelor complexe, documentația de investiție trebuie să cuprindă nota de comandă și proiectul de execuție.

Notele de comandă se elaborează atît pentru proiecte de inginerie tehnologică cît și pentru proiecte de construcții și instalații. Documentația necesară pentru întocmirea notelor de comandă trebuie să cuprindă următoarele ele-

Scanned with OKEN Scanner

mente: prevederile de plan, notele de fundamentare a includerii obiectivului în planurile curente şi de perspectivă, studiile de dezvoltare în perspectivă a ramurii respectiv a sistemelor de producţie analizate, studiile de profil şi amplasament pentru obiectivul nou, studii de marketing din care să rezulte asigurarea distribuirii produselor fabricate, posibilităţile de procurare pe cale directă a utilajelor şi instalaţiilor necesare realizării în condiţii eficiente a noului obiectiv.

Notele de comandă pentru proiectele de inginerie tehnologică trebuie să aibă următorul conţinut: denumirea investiţiei, capacitatea şi profilul de producţie al obiectivului, durata de realizare a investiţiilor cu precizarea termenului de punere în funcţiune, precizarea amplasamentului şi a gradului de ocupare a terenului, calitatea produselor obţinute comparativ cu cele de pe piaţa mondială, tehnologia de fabricaţie a produselor, gradul de utilizare a capacităţii de producţie, acţiunile de cooperare, traseele cele mai adecvate pentru fluxurile tehnologice, informaţionale şi energetice, timpul de funcţionare a instalaţiilor într-un an, caracteristicile materiilor prime din ţară şi import cu precizarea tipului de combustibil necesar, variaţia stocurilor pe sortimente de produse, limita maximă a consumurilor specifice de resurse materiale şi energetice, asigurarea desfacerii producţiei cu precizarea părţii de export şi a valutei ce se obţine în devize libere, cursul de revenire brut sau net, termenul de recuperare al investiţiilor şi coeficientul de eficienţă economică a investiţiilor. Indicatorii limită ce se precizează în nota de comandă se referă la producţia globală şi marfă, valoarea totală a investiţiilor din care se defalcă fondul pentru construcţii montaj. Valoarea importurilor pentru investiţii şi producţie în lei şi lei-valută, productivitatea muncii în unităţi fizice şi valorice, numărul maxim de personal, cheltuieli maxime la 1000 lei producţie marfă, valoarea acumulărilor anuale din care se defalcă beneficiul şi se calculează rentabilitatea.

La aceşti indicatori se mai adaugă producţia globală, acumulările totale şi beneficiile raportate la 1000 lei fonduri fixe, durata limită de realizare a indicatorilor aprobaţi, asigurarea forţei de muncă şi protecţia mediului înconjurător prin măsuri eficiente.

Notele de comandă pentru proiecte de construcţii şi montaj de instalaţii trebuie să cuprindă: denumirea şi volumul investiţiei, amplasamentul obiectivulului, capacitatea şi termenul de dare în folosinţă a instalaţiei, soluţiile de principiu pentru fundamentarea obiectivului şi soluţiile pentru reducerea volumelor şi suprafeţelor construite, consumurile limită pentru materiale şi energie, locul de amplasare a surselor de alimentare în raport cu centrul de greutate al consumatorilor, optimizarea traseelor de alimentare şi reducerea la maximum a liniilor de cale ferată şi a drumurilor prin stabilirea celor mai scurte căi de legătură a obiectivului cu mediul, asigurarea unui grad maxim de cooperare a obiectivului cu celelalte unităţi din zona studiată, gradul de aplicare a metodelor noi pentru industrializarea execuţiei, cu scopul reducerii duratelor de lucru şi pentru creşterea productivităţii muncii, organizarea raţională a şantierului şi precizarea datei la care se va prezenta proiectul de execuţie.

Scanned with OKEN Scanner

Proiectele de execuție trebuie să aibă următorul conținut: precizarea capacității și a profilului de producție a obiectivului precum și etapele de punere parțială în funcțiune, respectiv termenul de predare a instalației beneficiarului de lucrare, destinația producției (consum intern și export), încadrarea obiectivului în zona și în cadrul platformei industriale în care va funcționa, precizarea planului general al amplasării unităților de producție din structura obiectivului cu precizarea terenurilor ce se expropriază și a clădirilor ce se demolează, structura tehnologiilor de lucru și modul lor de utilizare cu precizarea parametrilor ce se obțin în raport cu cei de pe plan mondial, calitatea produselor realizate în comparație cu cele produse în țară și pe plan mondial, modul de asigurare a producției cu materii prime și utilaje din țară și import, cu precizarea valorilor consumurilor specifice de materiale, combustibil și energie, inclusiv folosirea fluidelor tehnologice (a apei și a resurselor secundare), găsirea celor mai raționale amplasamente pentru utilaje și organizarea corespunzătoare a munci din cadrul secțiilor de producție, extinderea cooperării unității proiectate cu toate sistemele de producție din cadrul ramurii și economiei naționale, asigurarea transportului intern și a celui de legătură cu consumatorii, gospodărirea rațională a resurselor pe baza teoriilor cercetării operaționale, asigurarea protecției muncii în producție și a mediului înconjurător, rezolvarea unor probleme conexe atît în cadrul platformei în care va funcționa obiectivul cît și în cadrul ramurilor industriale de care depinde realizarea obiectivului și a producției sale, atingerea indicatorilor tehnico-economici prevăzuți de legislația în vigoare și realizarea unui cost minim al producției.

Documentația de investiție va cuprinde devizul v. (Anexa 1) general al lucrărilor de investiții, graficul de eșalonare a fondurilor de investiții în timp cu precizarea drumului critic și a duratei totale de realizare a lucrărilor, diagrame de asigurare cu resurse umane (muncitori, tehnicieni, ingineri) a lucrărilor, soluții constructive eficiente atît sub aspect tehnologic cît și sub aspect seismologic, soluții raționale pentru căile de acces și pentru rețelele de alimentare cu resurse și energie a obiectivului proiectat inclusiv variante optimale pentru organizarea șantierului.

Dată fiind complexitatea documentației de investiții și a mulțimii indicatorilor ce trebuie calculați pentru fundamentarea eficienței soluțiilor de proiect, în cele ce urmează se vor face referiri la unele probleme generale de studiu, insistîndu-se asupra concepției sistemice de abordare a fenomenelor ce caracterizează activitatea de investiții și se vor construi modele matematice ale eficienței investițiilor în maniera cercetării operaționale, dîndu-se prioritate aspectelor legate de influența factorului timp asupra fondului total de investiții. Concepția sistemică în abordarea problemelor de investiții reclamă construirea modelelor de eficiență fie plecînd de la consumator spre sursa de acoperire a cererii, fie plecînd de la nivelul economiei spre ramură și spre întreprinderea care face obiectul de investiții.

Dintre indicatorii de eficiență ceruți pentru justificarea tehnico-economică a unei investiții reținem atenția termenul de recuperare, coeficientul de eficiență și cheltuielile totale actualizate.

Scanned with OKEN Scanner

Modelele matematice pentru acest set de indicatori se pot scrie sub forma:

$$\left.\begin{aligned} t_r &= \frac{\Delta I_{tlk}}{\Delta C_{tkl}} = \frac{I_{tl} - I_{tk}}{C_{tk} - C_{tl}} \gtrless t_n = (10...12{,}5)\ \text{ani}; \\ p_c &= \frac{C_{tk} - C_{tl}}{I_{tl} - I_{tk}} \gtrless p_n = (0{,}08...0{,}1)\ \text{an}^{-1}; \\ Z_{ac} &= [\sum_{i=0} (1 + p_n)^{-t}(I_t + C_t) - R_n(1 + p_n)^{-n}]; \end{aligned}\right\} \quad (2.158)$$

în care: t_r; t_n sînt termenii de recuperare calculați (t_r) și cel normat (t_n); p_c; p_n — coeficienții de eficiență calculat (p_c) și cel normat (p_n); ΔI_{tlk} — investiții suplimentare; ΔC_{tkl} — economii de cheltuieli de producție; Z_{ac} — cheltuielile totale actualizate; C_{tl}; C_{tk}; I_{tl}; I_{tk} — cheltuielile și investițiile în variantele (l) respectiv (k) care se compară.

Actualizarea fondurilor de investiții, respectiv a cheltuielilor totale (Z) poate fi făcută la următoarele momente de pregătire și desfășurare a lucrărilor: momentul luării deciziei de investiție; momentul începerii construcției, momentul punerii în funcțiune a obiectivului, momentul atingerii parametrilor proiectați, momentul începerii rambursării creditelor și momentul scoaterii din funcțiune a instalației. Dintre variantele de actualizare posibile cea mai frecvent utilizată în practică este actualizarea fondurilor la momentul începerii construcției.

Eșalonarea în timp a investițiilor se face după metoda dobînzii simple (ds) și compuse (dc) astfel:

$$\left.\begin{aligned} I_{total}^{d.s.} &= \sum_{i=1} I_i(1 + p_n)^{n-t+1}; \\ I_{total}^{d.c.v} &= \sum_{i=1} I_i \frac{[(1 + p_n)^t - 1]}{p_n(1 + p_n)^t}; \\ I_{total}^{d.c.t} &= \sum_{i=1} I_i \frac{p_n(1 + p_n)^t}{[(1 + p_n)^t - 1]}. \end{aligned}\right\} \quad (2.159)$$

în care: I_{total} este investiția totală actualizată calculată după metoda dobînzi simple (ds) și compuse (dc); $I_{total}^{d.c(v+t)}$ — investiția totală cînd actualizare se face din spre viitor spre prezent (v) și cînd operația de actualizare se execută din spre prezent spre trecut (t).

Durata de realizare în timp a obiectivelor de investiții are efecte diferite asupra fondurilor de investiții atît prin imobilizări de fonduri, ceea ce duce la creșterea investiției inițiale, fie prin economii de investiții cînd se reduce durata de construire a obiectivului, ceea ce contribuie la micșorarea fondului total de investiții.

Căile de micșorare a volumului imobilizării fondurilor de investiții în obiectivele neterminate trebuie să ducă la diminuarea volumului imobilizărilor și să se refere la eșalonarea rațională a investițiilor în timp și la grăbirea lucrărilor de construcții-montaj pe baza metodelor moderne de realizare a obiectivelor industriale. Ca rod al preocupărilor continue ale cercetărilor în domeniul investițiilor s-a elaborat o serie de indicatori de eficiență a investițiilor care duc la scăderea imobilizărilor de fonduri în funcție de timpul cît durează lucrările de investiții.

Scanned with OKEN Scanner

Printre indicatorii de eficiență a investițiilor cu o circulație mai restrînsă este și efectul economic al imobilizărilor determinat pe baza dobînzii simple, respectiv pe baza dobînzii compuse.

În această idee se determină imobilizarea absolută a investițiilor cu o relație de forma:

$$I_{imob} = [I_{total} - I_{nom}] = [\sum_{i=1} I_i(1 + p_n)^{n-i+1} - I_{nom}] \qquad (2.160)$$

în care: I_i este volumul investițiilor în anul i; n = durata de edificare a obiectivului; I_{imob} — imobilizarea provocată de nefolosirea fondurilor de investiții.

Pentru obiective care produc bunuri înainte de punerea lor totală în funcțiune, imobilizarea se calculează astfel:

$$I_{op} = [I_{imob} - V_{net}] = [I_{imob} - \sum_{i=1} V_i(1 + p_n)^{n-i+1}]. \qquad (2.161)$$

Imobilizările se adaugă la volumul investițiilor după relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= I_{nom_1} + I_{imob}; \\ I_2 &= I_{nom_2} + I_{op}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.162)$$

Pentru exemplificarea relațiilor de mai sus se operează cu datele din tabelul 13.

Tabelul 13

	Durata eșalonării	V_1	V_2	V_3
Investiții, 10^6 lei		1800	2100	2000
	I	600	600	800
	I	800	1000	600
	III	400	500	600
Veniturile nete obținute inainte de intrarea totală în funcțiune, 10^6 lei	I	—	—	10
	II	—	100	20
	III	100	140	120

Volumul de investiții datorat imobilizărilor se calculează cu o relație de forma:

$$\left.\begin{aligned} &I_I = I_i(1 + p_n)^{n-i+1} = 2{,}204 \cdot 10^9 \text{ lei}; \\ &I_{II} = 2{,}563 \cdot 10^9 \text{ lei}; \quad I_{III} = 2{,}449 \cdot 10^9; \\ &I_{II} > I_{III} > I_I \end{aligned}\right\} \qquad (2.163)$$

Volumul total al imobilizărilor are următoarele valori:

$$\left.\begin{aligned} I_{imob_1} &= 202 \cdot 10^6 \text{ lei}, \\ I_{imob_2} &= 230 \cdot 10^6 \text{ lei}; \\ I_{imob_3} &= 225 \cdot 10^6 \text{ lei}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.164)$$

Scanned with OKEN Scanner

Veniturile nete se calculează în funcție de timp și rezultă valorile:

$$V_{net_1} = 202 \cdot 10^6 \text{ lei}; \quad V_{net_2} = 275 \cdot 10^6 \text{ lei}; \quad V_{net_3} = 169{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei} \qquad (2.165)$$

Volumul imobilizărilor de investiții ținînd seama de venitul net se determină astfel:

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= I_{nom_1} + I_{imob_1} - V_{net_1} = 2002 - 22 = 1980 \cdot 10^6 \text{ lei} = (1800 + \\ &\quad + 202 - 22) \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I_2 &= (2100 + 230 - 275) \cdot 10^6 = 2055 \cdot 10^6 \text{ lei} = (2330 - 275) \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I_3 &= (2000 + 225 - 169{,}5) \cdot 10^6 = 2055{,}5 \cdot 10^6 \text{ lei} = \\ &\quad = (2225 - 169{,}5) \cdot 10^6 \text{ lei} \\ I_1 &< I_2 < I_3 \end{aligned}\right\} \qquad (2.166)$$

Din calculele făcute rezultă că imobilizările măresc volumul investițiilor inițiale iar venitul net reduce volumul de imobilizări. Dacă durata de execuție a obiectivelor industriale se prelungește peste cea din proiect, atunci imobilizările depășesc volumul calculat și ar trebui să fie suportate de echipa de conducere -execuție a lucrărilor din vina căreia se amînă darea în funcțiune a instalațiilor. Această măsură ar completa celelalte reglementări existente în domeniul investițiilor și ar fi în spiritul indicațiilor conducerii superioare de partid și de stat cu privire la folosirea rațională a investițiilor.

Luarea în considerare a acestor propuneri se poate face prin impunerea taxei speciale asupra fondurilor imobilizate, ceea ce ar avea ca efect cointeresarea factorilor care contribuie la realizarea obiectivelor industriale și ar duce la folosirea eficientă a resurselor. Dacă întreprinderea care coordonează activitatea de investiție dorește să realizeze obiectivele industriale la costuri cît mai mici, atunci trebuie să reducă volumul de imobilizări prin micșorarea duratei lucrărilor de investiții, evitînd astfel și uzura morală a utilajului.

Factorii care măresc imobilizarea fondurilor de investiții sînt obiectivi și subiectivi. Cei obiectivi sînt dictați de condițiile tehnice de realizare a obiectivelor industriale, iar cei subiectivi sînt generați de o organizare nerațională a muncii pe șantier și de o aprovizionare defectuoasă cu materiale și utilaje necesare. Repartizarea imobilizărilor pe proiectant și constructor se poate scoate în evidență pe baza unei relații de forma:

$$I_{imob} = \left[\sum_1^n \sum_1^m I_i (1 + p_{n/m})^{m \cdot n - i + 1} - I_{nom}\right] \qquad (2.167)$$

în care: I_i este investiția din perioada (i); n — numărul anilor; m — numărul perioadelor de calcul; I_{nom} — investiția pentru realizarea obiectivului fără a ține seama de factorul timp.

Pe această cale se pot determina atît imobilizările de investiții în proiectare prin nelivrarea la timp a documentației și prin depășirea volumului inițial de investiții, cît și imobilizările de fonduri în montaj prin depășirea termenului la care instalația trebuia dată în funcțiune.

Scanned with OKEN Scanner

Departajarea imobilizărilor de fonduri pe faza de proiectare și pe faza de montaj se face cunoscînd durata planificată și cea realizată a proiectului și a obiectivului supus montajului.

Dacă instalația este pusă în funcțiune înainte de termen, atunci apar o serie de avantaje, printre care reținem atenția următoarele: reducerea imobilizărilor fondurilor de investiții, micșorarea volumului de cheltuieli pentru partea de construcții-montaj, sporirea beneficiului realizat față de cel planificat. În situațiile cînd proiectul unui obiectiv se realizează într-un timp mai scurt decît cel planificat ($t_p^r < t_p^p$), iar montajul este accelerat ($t_m^r < t_m^p$) atunci imobilizarea medie lunară se calculează astfel:

$$\left.\begin{aligned} I_{imob}^{(p)} &= \frac{E_{im}^p}{t_p^p} \cdot t_p^r = \frac{I_{imob.}^{p(p)} - I_{imob}^{r(p)}}{t_p^p} t_p^r \\ I_{imob.}^{(m)} &= \frac{E_{im}^{(m)}}{t_m^p} t_m^r = \frac{I_{imob.}^{p(m)} - I_{imob.}^{r(m)}}{t_m^p} t_m^r \end{aligned}\right\} \qquad (2.168)$$

în care: E_{im}^p este economia la investiții realizată prin micșorarea imobilizărilor inițiale planificate ($I_{imob}^{(p)}$) față de cele realizate ($I_{imob}^{(r)}$) atît în faza de proiectare (p) cît și în faza de montaj (m).

În cazul terminării proiectului și a montajului înainte de termenul planificat apar economii la volumul de cheltuieli pentru montaj și crește beneficiul realizat. Calculul acestor economii se face astfel:

$$E_{ct} = C_{ct}^{(p)}(t_{p(m)}^p - t_{p(m)}^r); \; E_{bt} = B_t^{(p)}(t_{p(m)}^p - t_{p(m)}^r) \qquad (2.169)$$

în care: E_{ct}, E_{bt} sînt economiile la cheltuielile totale ($C_{ct}^{(p)}$) planificate și economiile obținute prin sporirea beneficiului planificat ($B_t^{(p)}$); t_p, t_r — timpul planificat (t_p) și cel realizat (t_r) pentru proiectarea și montajul instalațiilor.

Economiile totale se determină cu o relație de forma:

$$E_{tot} = E_{im} + E_{ct} + E_{bt} = \text{maxim.} \qquad (2.170)$$

Expresia economiilor totale se poate scrie atît pentru faza de proiectare (p) cît și pentru faza de montaj (m) cu o relație sintetică de forma:

$$E_{tot}^{p(m)} = \frac{I_{imb}^p - I_{imob}^r}{t_{p(m)}^p} t_{p(m)}^r + C_{ct}^p(t_{p(m)}^p - t_{p(m)}^r) + B_t^p(t_{p(m)}^p - t_{p(m)}^r) \qquad (2.171)$$

Nu este lipsită de interes ideea după care o parte a acestor economii să revină întreprinderii care reușește să scurteze duratele de proiectare, respectiv de montaj a obiectivelor industriale concepute, deoarece prin cointeresare s-ar crea premize pentru o muncă solidă de concepție și o muncă efectivă de înaltă productivitate.

2.5.2. Aspecte caracteristice ale modelării investițiilor la nivelul sistemelor de energie

În scopul modelării aspectelor caracteristice ale investițiilor de la nivelul sistemelor de energie trebuie avute în vedere atît modul de organizare a lucrărilor de investiții cît și aspectele specifice ale energeticii care trebuie reflectate

Scanned with OKEN Scanner

în modelele de optimizare a proiectării-montajului şi dezvoltării instalaţiilor de centrale, staţii şi linii electrice. În această idee, organizarea sistemică a lucrărilor de investiţii reclamă: investiţii la nivelul consumatorilor de energie, investiţii la nivelul staţiilor şi liniilor electrice; investiţii la nivelul centralelor electrice; investiţii la nivelul minelor de cărbune şi a sondelor de gaze naturale; investiţii la nivelul uzinelor de preparare şi înnobilare a combustibilului. Pentru a reflecta mai fidel particularăţile energeticii în construcţia modelelor de optimizare a investiţiilor ar fi util să se structureze fondurile de investiţii la nivelul proiectării obiectivelor energetice noi, la nivelul montajului instalaţiilor şi la nivelul dezvoltării sistemelor de producţie existente (centrale, staţii, linii electrici, etc.).

Investiţiile din cadrul energeticii au volum mare, sînt eşalonate în timp şi trebuie să asigure vîrful maxim de sarcină impus de consumator. Investiţiile în energetică se fac atît pentru modernizări de instalaţii, cît şi pentru automatizarea lor. Astfel introducerea calculatoarelor electronice de proces în cadrul centralelor şi staţiilor electrice reclamă un volum mare de investiţii eşalonat pe o durată mare de timp. Din aceste motive determinarea efectului de imobilizare a investiţiilor la nivelul centralelor şi staţiilor care se proiectează şi a sistemelor de energie în construcţii-montaj preocupă specialiştii din domeniu care pe baza legislaţiei în vigoare caută cele mai bune soluţii pentru proiectarea şi realizarea obiectivelor de investiţii de la nivelul ramurii energiei electrice şi termice.

Studiile de fundamentare a soluţiilor energetice posibile de realizare a unui obiectiv energetic cuprind: studii de prognoză a sistemului, şi de alegere a variantei optime şi studiul de profil şi amplasament al obiectivului nou.

Indicatorii naturali şi valorici ce trebuie avuţi în vedere la fundamentarea soluţiilor de proiectare-montaj şi dezvoltare a unor instalaţii energetice se clasifică în indicatori generali şi indicatori specifici. Indicatorii generali reflectă aspecte ale eficienţei investiţiilor la nivelul întregului sistem luat în corelaţie cu alte sisteme industriale, iar indicatorii specifici exprimă particularităţile unor instalaţii luate separat (centrală, staţie, linie) sau considerate într-un ansamblu unitar.

După fazele pe care le parcurg lucrările, indicatorii se împart în două clase şi anume: clasa indicatorilor de proiectare-montaj şi clasa indicatorilor de exploatare.

Clasa indicatorilor de construcţii-montaj cuprinde două grupe de indicatori şi anume: indicatori privind pregătirea lucrărilor sub aspect tehnologic şi organizatoric şi indicatori privind respectarea suprafeţelor construite şi cei privind structura reţelei de alimentare cu diverse forme de energie. Această clasă de indicatori se încheie cu termenul la care se dă în exploatare instalaţia la parametrii proiectaţi.

Clasa indicatorilor de exploatare cuprinde cinci grupe de indicatori şi anume: indicatori privind înzestrarea tehnico-energetică a întreprinderii; indicatori privind structura forţei de muncă, inclusiv înzestrarea energetică a muncii; indicatori privind consumurile specifice şi totale de resurse materiale şi energetice; indicatori privind producţia posibilă de a se realiza pe schimb, lună şi an şi indicatori privind nivelul productivităţii pe unitatea de timp, pe utilajele de bază, pe lucrător şi pe suprafaţa productivă.

Scanned with OKEN Scanner

Structura indicatorilor naturali pentru energetică cuprinde: capacitatea medie orară a cazanelor, puterea și numărul grupurilor, puterea disponibilă, numărul orelor de utilizare a puterii medii anuale instalate în centrale, numărul specific de personal exprimat în oameni pe (MW), consumul specific de combustibil convențional pentru energie electrică și căldură, structura combustibilului pe purtători de energie, producția de energie electrică și termică, consumul propriu tehnologic în centrale și rețele, producția anuală pe lucrător și randamentul global net al centralelor electrice considerate sisteme de producție.

Acești indicatori iau forme specifice atît la nivelul proiectării de centrale electrice, stații și linii, consumatori energetici, cît și la nivelul montajului și al exploatării instalațiilor energetice. Astfel pe lîngă indicatorii naturali și valorici prevăzuți în HCM-900/1970 și Decretul 420/1976 se mai au în vedere la elaborarea studiilor pentru centrale următoarele tipuri de indicatori:

— *Investițiile specifice în partea termomecanică* a sălii cazanelor și sălii mașinilor exclusiv instalațiilor AMC. Pentru sala cazanelor investiția se raportează la debitul total orar de abur și la cantitatea totală de căldură livrată anual. Pentru sala mașinilor investiția se raportează la puterea electrică instalată, respectiv la energia produsă anual. Pentru centralele electrice de termoficare se va determina raportul dintre investiția specifică și cantitatea de abur preconizată a se livra în termoficare.

— *Investiția specifică în conductele de înaltă și medie presiune* cu excepția conductelor turbinelor, raportată la puterea instalată a centralei precum și ponderea conductelor în valoarea totală a părții termomecanice. La CET investiția specifică se va raporta și la debitul total orar de abur al cazanelor.

— *Investiția specifică totală în gospodăria de combustibil* cu și fără depozitul de combustibil, raportată la consumul mediu orar și anual de combustibil convențional.

— *Investiția specifică totală în instalațiile de evacuare a zgurii și cenușii* cu și fără investițiile inițiale în depozitul de zgură și cenușă.

— *Investiția specifică actualizată* preconizată pentru o perioadă de 10 ani de la data punerii în funcțiune a ultimului grup, raportată la cantitatea anuală de zgură și cenușă în stare uscată, în tone, rezultată din arderea combustibililor solizi.

— *Costul evacuării zgurii și cenușii* calculat pe etape și la puterea finală a centralei ținînd cont de cantitățile de zgură și cenușă preconizate a se utiliza în scopuri industriale.

— *Investiția specifică totală a părții mecanice* în epurarea chimică cu și fără costul materialelor, raportată la debitul orar nominal al epurării chimice și la debitul total anual de apă demineralizată, calculată pentru cantitatea de condensat returnat dată prin temă.

— *Costul apei demineralizate* calculat în condiții de calitate al apei brute ținînd cont de cantitatea de condensat returnat, stabilită prin temă.

— *Investiția specifică totală a circuitului de răcire,* inclusiv investițiile în turnuri, baraje, aducțiuni, indiferent de tipul circuitului, raportată la debitul total al apei răcite, calculat la numărul de ore de utilizare a puterii instalate, dat ca indicator de plan.

Scanned with OKEN Scanner

— *Investiţia specifică în turnurile de răcire* propriu-zise, raportată la capacitatea nominală orară a turnurilor, la suprafaţa de răcire şi la volumul apei răcite în turnuri, calculat la numărul mediu al orelor de utilizare anuală a capacităţii turnurilor, în condiţiile unui an cu hidraulicitate medie.

— *Costul mediu al apei răcite*, calculat pe etape şi la puterea finală a centralei, pentru debitul total anual de apă răcită, necesar funcţionării, la numărul de ore de utilizare a puterii instalate a centralei dat ca indicator de proiect şi la numărul mediu de ore de utilizare anuală a capacităţii turnurilor de răcire, considerat prin proiect.

Calculul indicatorilor eficienţei economice cuprinşi în studii se face utilizînd următoarele elemente:

Centrala electrică de echivalare de bază:

— combustibil păcură; $P_t = 4 \times 330$ MW;

— preţul păcurii este de 1000 lei/t.c.c.;

— investiţia specifică este de 3900 lei/kWi neactualizată şi de 4250 lei/kWi actualizată. Investiţia specifică s-a calculat luînd în consideraţie preţurile din 1975 ale echipamentelor cu considerarea taxelor vamale pentru utilajul din import;

— Costul energiei electrice este $p_c^e = 0{,}350$ lei/kWh la $t_f = 6500$ ore/an, fără a lua în consideraţie cheltuielile cu amortizările (4—5)% din investiţii;

— consumul specific de combustibil pentru echivalare este de 336 g.c.c./kWh livrată.

Centrala electrică de echivalare de vîrf:

— C.T.G. — 3 × 36 MW; combustibil gaze naturale;

— Investiţia specifică neactualizată 4000 lei/kW_t şi actualizată de 4350 lei/kW_t. Actualizarea s-a făcut la momentul punerii în funcţiune.

— Costul energiei electrice de echivalare şi consumul specific de combustibil se dau în tabelul 14.

Tabelul 14

Indicatorii	Duratele de utilizare anuală h/an				
	1000	1500	2000	2500	3000
Preţul energiei electrice cînd p_c^e = 1000 lei/tcc	0,72	0,68	0,65	0,64	0,62
Preţul energiei electrice cînd p_c^e = 1500 lei/tcc	1,02	0,98	0,93	0,92	0,9
Consumul specific de combustibil gc.c./kWh livrată	600	588	578	567	557

Scanned with OKEN Scanner

Dacă prețul păcurii pe piața mondială se va modifica cu ±15% atunci costul combustibilului se va recalcula în mod corespunzător. Prețul lignitului este de 422 lei/tc.c. la care se adaugă transportul (53—55)lei/tc.c. și costul păcurii care intervine ca suport în procent de 7%. La această valoare se mai adaugă amortizările.

În tabelele 15 și 16 se dau indicatorii pentru diverse categorii de centrale termoelectrice de condensație de bază și vîrf la o putere instalată de 4 × × 330 MW.

Tabelul 15

CTE — condensație 4×330 = 1320 MW

Indicatori	Durata de funcționare, h/an	Tipul combustibilului				
		Lignit	Păcură	Păcură	Gaze	Lignit
Investiția specifică. i, lei/kWi neactualizată	—	5200	3900	3900	3800	5200
Investiția specifică i, lei/kWi actualizată	—	5750	4250	4250	4150	5750
Consum specific de combustibil, gc.c./kWh livrată	5500	378	345	345	341	378
	6000	372	340	340	336	372
	6200	368	338	338	334	368
	6500	337	336	336	332	367
Prețul combustibilului, lei/tc.c.	—	468,7	385	1000	218	511,7
Prețul energiei de echivalare, lei/kWh livrată	5500	0,210	0,153	0,468	0,098	0,228
	6000	0,207	0,149	0,36	0,092	0,224
	6200	0,205	0,148	0,357	0,091	0,221
	6500	0,203	0,147	0,354	0,0895	0,219

Investițiile pentru realizarea obiectivelor energetice cuprind atît fondurile pentru proiectarea și montajul instalațiilor propriu-zise (centrală, stație, linie, consumator etc.) cît și fondurile pentru echivalarea variantelor din punct de vedere energetic.

Investițiile propriu-zise cuprind investițiile directe pentru obiectivul energetic, investițiile colaterale și investițiile conexe. Investițiile colaterale cuprind fondurile destinate realizării unor lucrări din cadrul ansamblului proiectat împreună cu alte ministere decît titularul de investiții. Aceste investiții se concretizează în asigurarea cu apă a obiectivului, realizarea de drumuri, căi ferate, instalații de telecomunicații, mutări de întreprinderi etc. Investițiile conexe se referă la regularizări de rîuri, consolidări de maluri, executarea unor lucrări contra inundațiilor etc. Investițiile conexe care depășesc 3% din investițiile totale se iau în calculele comparative ale variantelor și se prind în devizul general al lucrării. Dacă valoarea lor este sub 3% din investițiile

Tabelul 16

CTG — $P_i = 3 \times 38$ MW centrală de vîrf

Indicatori	Valoarea specifică	Durata de utilizare anuală a puterii instalate				
		1000	1500	2000	2500	3000
Investiția specifică neactualizată, $\frac{\text{lei}}{\text{kWi}}$	4000	—	—	—	—	—
Consum specific de combustibil, $\frac{\text{gc.c.}}{\text{kWh}}$	net	600	600	578	568	557
	brut	562	553	543	534	524
Costul combustibilului	1000	—	—	—	—	—
Energia electrică produsă, GWh/an	—	108	162	216	270	324
Energia electrică livrată, GWh/an	—	101	152	203	254	305
Consumul anual de combustibil, 10^3 tc.c./an	—	60,6	89,6	117	144	170
Cheltuieli anuale, 10^6 lei						
— combustibil	—	60,6	89,6	117	144	170
— personal	—	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
— reparații capitale	—	4,3	6,4	8,6	10,7	10,7
Alte cheltuieli, 10^6 lei	—	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Total cheltuieli fără amortizări 10^6 lei	—	72,7	103,7	133,4	162,5	188,5
Costul de echivalare a energiei, $\frac{\text{lei}}{\text{kWh}}$	—	0,717	0,68	0,65	0,64	0,62
Amortizările, 10^6 lei	5,25%I	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
Cheltuieli totale + + (Amortizări) 10^6 lei	—	113	144,1	173	203,15	229,3
Costul total nediferențiat lei/kWh	—	1,2	0,95	0,86	0,8	0,75
Costul total, diferențiat, lei/kWh	I — 1000 lei/tc.c.	1,02	0,98	0,93	0,42	0,90
	II — 1500 lei/tc.c.	1,42	1,24	1,15	1,08	1,03

Scanned with OKEN Scanner

totale ele se pot neglija în calculele comparative, dar se trec în devizul lucrării proiectate.

Investițiile conexe privind deschiderea de mine și sonde, cele legate de prospecțiuni geologice respectiv de realizarea utililajului energetic, inclusiv cele privind realizarea instalațiilor de prelucrare a minereului nuclear se iau în considerație la stabilirea variantelor optime de investiții dacă lucrarea se face în comun de către beneficiarul de investiții directe și beneficiarii din alte ramuri industriale implicați în finalizarea lucrării. În asemenea situații și categoria de investiții conexe se trece în devizul general al lucrării energetice proiectate.

Această idee regăsită în practică (de a prinde în calcul toate categoriile de investiții) susține concepția sistemică de abordare a lucrărilor de investiții, atît sub aspectul investițiilor directe, cît și sub aspectul evidențierii tuturor legăturilor sistemului cu mediul.

Structura investițiilor după concepția sistemică de abordare a lucrărilor energetice se poate stabili după următoarea schemă:

$$\left.\begin{aligned} I_{sist} &= I_s^s + I_i^s + I_{cal}^s + I_{conex}^s + I_{cals}^{disp} + I_{dvn}^s + I_{clc}^s; \\ I_{clc} &= I_{dir} + I_{ech} + I_{apl} + I_{apa} + I_{tcomb} + I_{calc}^c + I_{s+l+c} + I_{dvn}^{cl}; \\ I_{s+l} &= I_{st} + I_{stl} + I_{con} + I_{rac} + I_{dvn}^{s+l}; \\ I_{consumator} &= I_{mot}^c + I_{apr}^c + I_{cab+bare}^c + I_{comp}^c + I_{mod}^c + I_{dvn}^c. \end{aligned}\right\} \quad (2.172)$$

Structura investițiilor în maniera cercetării operaționale arată astfel:

$$I_t = I_{sa} + I_{ea} + I_{imc} + I_{pr} + I_{dd} + I_{dvn} + I_{ech} \quad (2.173)$$

În relațiile (2.172) (2.173) intervin următoarele categorii de investiții: I_{sist} este investiția la nivelul sistemului de energie în care se încadrează obiectivul energetic proiectat; I_s^s — investiția pentru sursa de combustibil și apă; I_i^s — investiția pentru încadrarea obiectivului în sistemul energetic în funcțiune; I_{cal}^s, I_{conex}^s — investițiile colaterale și conexe; I_{cals}^{disp} — investițiile pentru calculatoarele montate la nivelul dispeceratelor teritoriale și a dispeceratului central; I_{dvn}^s — investițiile diverse și neprevăzute; I_{clc}^s — investițiile de legătură a sursei cu centrala, linia și consumatorul; I_{dir} — investițiile directe pentru realizarea obiectivului energetic; I_{ech} — investițiile de echivalare; I_{apl} — investițiile pentru amplasamentul obiectivului energetic proiectat; I_{apa} — investițiile pentru partea hidrotehnică și de aducțiune a apei în centrala electrică; $I_{t\,comb}$ — investițiile pentru realizarea transportului de combustibil; $I_{calc.}^c$ — investițiile pentru introducerea calculatoarelor de proces în centrale; I_{s+l+c} — investițiile în stație, linie și la consumator pentru realizarea racordării centralei cu lanțul energetic ce o leagă de consumator; I_{dvn}^{cl} — investițiile diverse și neprevăzute la nivelul centralei electrice și la nivelul liniilor electrice; I_{st} — investițiile directe în stațiile proiectate; I_{stl} — investițiile pentru stîlpii liniei electrice; I_{con} — investițiile pentru conductoarele liniei; I_{rac} — investițiile pentru realizarea unor racorduri speciale; I_{dvn}^{s+l} — investițiile diverse și neprevăzute la nivelul stațiilor și liniei proiectate; I_{mot}^c — investițiilor pentru motoarele electrice de la consumator; I_{apr}^c — investițiile pentru aparate și panouri de distribuție; $I_{cab+bare}^c$ — investițiile pentru cabluri plus bare; $I_{comp.}^c$ — investițiile pentru compensarea puterii reactive; I_{mod}^c — investițiile pentru modernizarea instalațiilor de la consumator; I_{dvn}^c — investițiile diverse și neprevăzute la nivelul consumatorilor de energie; I_{sa} — investițiile ocazionate de teoria stocurilor și teoria așteptării aplicate la proiectarea obiectivelor energetice; I_{ec} — investițiile ocazionate de aplicarea teoriei echipamentelor și a teoriei ordonanțării; I_{imc} — investițiile ocazionate de aplicarea în practică a ingineriei umane și a teoriei căutării; I_{pr} — investițiile pentru asigurarea rezervei de putere la nivelul dezvoltării sistemelor energetice; I_{dd} — investițiile în aparatura necesară construirii raționale a deciziilor; I_{dvn} — investițiile diverse și neprevăzute; I_{ech} — investițiile de echivalare.

Scanned with OKEN Scanner

Modelele matematice pentru optimizarea soluțiilor de realizare a obiectivelor energetice operează cu funcții de eficiență de forma:

$$\left.\begin{aligned} Z_{ac} &= \sum_{i=0} (1+p_n)^{-i}(I_i + C_i + D_i) - (V_i)^{act} - \sum_{j=1} V_{rj}(1+p_n)^{-j} - \\ &\quad - R_n(1+p_n)^{-n} = \text{minim} \\ Z_c &= C_c + p_n I_c = (C_{dc} + C_{ech}) + p_n(I_{dc} + I_{ech}) = \text{minim} \end{aligned}\right\} \quad (2.174)$$

în care: I_i; C_i sînt investițiile și cheltuielile pentru profilul și amplasamentul obiectivului energetic inclusiv fondurile pentru combaterea poluării; D_i — cheltuielile pentru daunele probabile din anul (i). V_i — Venitul net realizat de către întreprinderile de electrocentrale în construcție care au puneri parțiale în funcțiune și livrează energie înainte de terminarea întregii lucrări. Această mărime se determină cînd diferențele în timp între variante, în privința producției livrate, sînt mari și influențează ordinea de prioritate a variantelor; V_{rj} — valoarea remanentă egală cu valoarea fondurilor fixe capabile să dea în continuare producție în condiții eficiente după expirarea duratei lor de viață; R_i — Valoarea reziduală care reprezintă valoarea fondurilor fixe în momentul dezafectării lor cînd a expirat durata lor de viață sau cînd funcționarea utilajelor devine neeconomică pentru societate. Dacă dezafectarea utilajului se face înainte de expirarea duratei de viață a fondurilor fixe atunci (R_i) se determină scăzînd din valoarea rămasă neamortizată costul lucrărilor de demontare și remontarea lor în altă parte;

i — anul curent de raportare a cheltuielilor și investițiilor;

n — perioada de studiu; j — durata pe care se calculează V_{rj};

m — anul începerii funcționării obiectivului cu întreaga capacitate; C_c; I_c — cheltuielile și investițiile totale; C_{dc}; I_{dc} — cheltuielile și investițiile de calcul directe; C_{ch}; I_{ech} — cheltuielile și investițiile de echivalare.

Soluțiile recomandate pentru realizarea obiectivelor energetice trebuie să fie comparabile sub aspectul efectelor utile de la nivelul consumatorilor. Operația de aducere a variantelor la efecte identice poartă denumirea de echivalare. Deci echivalarea soluțiilor de proiectare a unui obiectiv energetic urmărește satisfacerea consumatorilor în mod identic cu energie de calitate și în cantități corespunzătoare. Echivalarea variantelor din punct de vedere energetic se face sub aspectul cantității energiei electrice și termice furnizate consumatorilor, sub aspectul capacității de producție capabile să asigure volumul energiei cerute la ora de vîrf a sistemului și sub aspectul calității energiei care presupune respectarea gradului de siguranță cu care se livrează energia. Echivalarea variantelor din punct de vedere energetic se face cu ajutorul conceptului de centrala electrică de echivalare și referință. Necesitatea echivalării soluțiilor în privința energiei și puterii electrice este impusă de următoarele cauze: diferențele dintre energiile produse și puterile disponibile în diverse variante, diferențele dintre consumurile proprii tehnologice și a consumurilor pentru servicii interne la nivelul centralelor și stațiilor electrice, diferențele de pierderi electrice între variantele de transport a energiei, diferențele dintre puterile de rezervă necesare pentru variantele comparate. Variantele care dispun de puteri și energii livrate mai mici vor fi aduse la nivelul variantei maxime. Diferențele de capacitate se consideră instalate în următoarele tipuri de centrale electrice de echivalare: centrala de echivalare și referință de bază și semivîrf de 4×330 MW funcționînd cu păcură la un preț de 1000 lei/t.c.c. și centrala de echivalare și referință de vîrf de 100 MW echipată cu trei grupuri cu turbine cu gaze în circuit deschis. Durata de utilizare a puterii instalate este 2000 h/an.

Scanned with OKEN Scanner

Situațiile cele mai frecvente de echivalări energetice întîlnite în practică se referă la:

— Compararea centralelor electrice de termoficare cu posibilitatea producerii separate a căldurii și energiei electrice.

— Compararea diverselor tipuri de centrale hidroelectrice pentru stabilirea ordinii de eșalonare a unităților de producție în cadrul transpunerii în practică a programului de folosire complexă a apelor.

— Compararea diferitelor tipuri de centrale nuclearo-electrice între ele și cu centralele termoelectrice clasice.

— Compararea variantelor de dezvoltare a sistemului energetic.

— Compararea variantelor de modernizare a rețelelor electrice și termice și a centralelor electrice atît pe cale tradițională cît și prin introducerea calculatoarelor de proces.

Calculul investițiilor și cheltuielilor de echivalare se face cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} I^c_{ch} &= (P_i - P_k)\, i^{ech}_{sp} \cdot \frac{1}{\eta_{sp}}; \\ C^c_{ch} &= (E_k - E_i)\, p^e_c \cdot \frac{1}{\eta_{sp}} \\ B^c_{ch} &= (E_k - E_i) \cdot q_{sp} \cdot \frac{1}{\eta_s}; \\ I^c_m &= B^c_{sp};\ i^m_{sp} \\ C^{ehc}_c &= B^c_{ch} \cdot p^c_c \end{aligned}\right\} \qquad (2.175)$$

Dacă la nivelul rețelelor electrice apar diferențe de pierderi între variante, atunci la investițiile și cheltuielile determinate pentru centrale se adaugă și următoarele mărimi:

$$\left.\begin{aligned} I^r_{ch} &= (P_{ti} - P_{tk})\, i^{ech}_{sp}; \\ C^r_{ch} &= (E_{tk} - E_{ti}) p^e_c \\ B^r_{ch} &= (E_{tk} - E_{ti}) \cdot q_{sp}; \\ I^r_m &= B^r_{ch} \cdot i^m_{sp}; \\ C^{ehr}_c &= B^r_{ch} \cdot p^c_c \end{aligned}\right\} \qquad (2.176)$$

în care: P_t, P_k și E_t, E_k sînt puterile și energiile din variantele care se compară ($P_t > P_k$), ($E_t < E_k$); acestea se consideră ca mărimi livrate sistemului; η_{sp}; η_s sînt elemente de calcul care țin seama de consumurile proprii tehnologice în centralele proiectate (η_{sp}) și în centralele sistemului (η_s); I^e_{ch}; I^r_{ch}; C^c_{ch}; C^r_{ch} — investițiile și cheltuielile la nivelul centralelor (c) și al rețelelor electrice (r) comparate; B^c_{ch}; B^r_{ch} — consumul de combustibil pentru producerea energiei electrice ce acoperă atît consumurile pentru serviciile interne ale centralelor din sistem cît și consumurile proprii tehnologice la nivelul rețelelor electrice din sistem; I^c_m; I^r_m = investițiile miniere pentru combustibilul ce trebuie extras (B^c_{ch}; B^r_{ch}), i^m_{sp} — investiția minieră; p^c_c — costul combustibilului; p^e_c — costul energiei; i^{ech}_{sp} — investiția specifică pentru echivalare.

Indicele (t) indică puterile și energiile transportate în rețelele sistemului energetic.

Scanned with OKEN Scanner

Funcția de eficiență pentru modelul matematic de alegere a variantei optime de investiții se poate scrie cu ajutorul cheltuielilor de calcul sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} Z_{ct} &= p_c^e \cdot (E_t + E_{eh}^c + E_{eh}^r) + C_{ehc}^e + C_{ehc}^r + p_n i_{sp} P_t \\ Z_{ck} &= p_c^e E_k + p_n i_{sp}(P_k + P_{eh}^c + P_{eh}^r) + p_n(I_m^c + I_m^r) \end{aligned}\right\} \quad (2.177)$$

Corelarea sistemică a acțiunilor de transpunere în practică a unui program de investiții din cadrul proiectării și montajului obiectivelor energetice implică folosirea programului complex A N G R A defalcat pe trei programe operative denumite „Tango, Corino și Emir". Programul „Tango" transformă în arce activitatea nodurilor unui graf-rețea pentru investiții și ordonează pe nivele resursele existente. Programul „Corina" corelează indicatorii pe activități (preluînd calculele din cadrul programului Tango) după opțiunea utilizatorului folosindu-se în acest scop de tehnica P E R T. Programul „Emir" estimează repartizarea nivelată a resurselor pe fiecare activitate plecînd de la soluția dată de programul „Corina".

Exemple de calcul.

Exemplul 1. O centrală termoelectrică de condesație echipată cu 4 grupuri de cîte 25 MW, destinată a livra sistemului energetic o cantitate de energie electrică $E=0{,}6\cdot10^6$ MWh/an, este proiectată în două variante caracterizate prin următoarele elemente:

	Varianta I	*Vatianta II*
— Parametrii aburului	ridicați	medii
— Consumul specific de combustibil (t.c.c/MWh)	0,38	0,42
— Consumul specific de putere și energie al serviciilor interne (%)	9	7
— Investiția specifică (lei/kWi)	3500	3300
— Cheltuielile anuale (exclusiv cele de amortizare și cele de combustibil) lei/an	$18\cdot10^6$	$20\cdot10^6$

Se cunosc următoarele date:

— cota de amortizare a investițiilor din CTE (4—5,3)% anual;
— investiția specifică în CTE al sistemului 4500 lei/kWi;
— consumul specific de putere pentru serviciile interne ale CTE din sistem 8 %;
— investiția specifică pentru deschiderea de mine 1200 lei/t.c.c.;
— costul combustibilului folosit este de 423 lei/tc.c., iar costul energiei electrice în sistem este de 0,25 lei/kWh.

Se cere:

a. Calculul termenului de recuperare
b. Determinarea cheltuielilor anuale de calcul
c. Stabilirea variantei optime.

Rezvolare:

$$t_{r_{12}} = \frac{I_{t_1} - I_{t_2}}{C_{t_2} - C_{t_1}} \gtrless t_{r_n} = (10 \ldots 12{,}5) \text{ ani},$$

$$I_{t_1} = I_1 + I_{eh};\ I_{t_2} = I_2 + I_m;$$

$$C_{t_1} = C_{B_1} + C_{A_1} + C_{dV_1};\ C_{t_2} = C_{B_2} + C_{A_2} + C_{dV_2} + C_{eh};$$

$$I_1 = P_{i_1} \cdot i_{sp_1} = 100\cdot10^3\cdot3{,}5\cdot10^3 = 350\cdot10^6 \text{ lei};$$

$$I_2 = P_{i_2} \cdot i_{sp_2} = 100\cdot10^3\cdot3{,}3\cdot10^3 = 330\cdot10^6 \text{ lei};$$

$$I_{eh} = (P_{e_2} - P_{e_1}) \cdot i_{sp}^{eh} \cdot \frac{1}{\eta_s} = (93-91)\cdot10^3\cdot\frac{1}{0{,}92}\cdot4500 = 9{,}8\cdot10^6 \text{ lei};$$

$$I_m = B \cdot i_{sp}^m = (B_2 - B_1) \cdot i_{sp}^m = 14250 \times 1200 = 17,1 \cdot 10^6 \text{ lei.}$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 14\,250 \text{ t.c.c./an;}$$

$$B_1 = El_1 \cdot q_1 \frac{1}{\eta_{sp_1}} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 0,38}{0,91} = 250,5 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an;}$$

$$B_2 = El_2 \cdot q_2 \frac{1}{\eta_{sp_2}} = \frac{600 \cdot 10^3 \cdot 0,42}{0,93} = 264,75 \cdot 10^3 \text{ t.c.c./an.}$$

$$C_{B_1} = B_1 \cdot p_{cc} = 250,5 \cdot 10^3 \cdot 423 = 111 \cdot 10^6 \text{ lei/an;}$$

$$C_{B_2} = B_2 \cdot p_{cc} = 264,75 \cdot 10^3 \cdot 423 = 114,2 \cdot 10^6 \text{ lei/an;}$$

$$C_{A_1} = 350 \cdot 10^6 \cdot 0,053 = 18,55 \cdot 10^6 \text{ lei/an;}$$

$$C_{A_2} = 330 \cdot 10^6 \cdot 0,053 = 17,5 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$C_{dv_1} = 18 \cdot 10^6 \text{ lei/an;} \quad C_{dv_2} = 20 \cdot 10^6 \text{ lei/an;}$$

$$C_{eh} = E_t \cdot p_c^e \frac{1}{0,92} = (E_{e_1} - E_{e_2})\, p_c^e \frac{1}{0,92} = 14,10^6 \cdot 0,25 = 3,5 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$t_{r_{12}} = \frac{(359,8 - 347,1)\,10^6}{(155,2 - 147,5) \cdot 10^6} = \frac{12,7}{7,7} = 1,66 \text{ ani} < 10 \rightarrow V_1;$$

$$Z_{t_1} = C_{t_1} + p_n I_{t_1} = (147,5 \cdot 10^6 + 0,1 \cdot 359,8 \cdot 10^6) = 183,48 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$Z_{t_2} = C_{t_2} + p_n I_{t_2} = (155,2 \cdot 10^6 + 0,1 \cdot 347,1) = 189,91 \cdot 10^6 \text{ lei/an.}$$

$$Z_{t_1} < Z_{t_2} \rightarrow V_1$$

Întrucît termenul de recuperare calculat $t_{r_{12}} < t_{r_n} = (10 \ldots 12,5)$ ani și $Z_{t_1} < Z_{t_2}$ rezultă ca optimă varianta V_1.
Recapitularea rezultatelor se poate urmări în tabelul 17.

Tabelul 17

Varianta	Investiții directe		Cheltuieli anuale		Investiția minieră I_m 10^6 lei	Total cheltuieli de calcul 10^6 lei
	directe 10^6 lei	de echiv. 10^6 lei	directe 10^6 lei	de echiv. 10^6 lei		
1	350	9,8	147,5	—	—	183·48
2	330	—	151,7	3,5	17,1	189,91

Se observă că varianta 1 este mai avantajoasă, deși prezintă investiții inițiale mai mari decît varianta 2.

Exemplul 2. Studiul montării a două cabluri de 6 kV. Este necesară montarea a două cabluri de 6 kV pe distanța de 5 km depărtare de punctul de alimentare. Fiecare cablu suportă 190 A. Graficul de sarcină al ambelor linii este același. În acest scop se pot utiliza cabluri de secțiuni diferite și anume:

$S_1 = 70$ mm²; $S_2 = 95$ mm²; $S_3 = 120$ mm².

Din punct de vedere al stabilității termice toate secțiunile corespund. Investițiile inițiale și cheltuielile ocazionate de pierderile de energie pe cei 10 ani luați în considerare au valorile trecute în tabelul 18.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 18

Secțiunea mm²	Investiții, mii lei	Cheltuieli anuale în pierderi la 0,67 lei/kWh	Cheltuieli anuale în pierderi la 0,31 lei/kWh
70	550	$227 \cdot 10^3$ lei/an	$82 \cdot 10^3$ lei/an
95	650	$182 \cdot 10^3$ lei/an	$62 \cdot 10^3$ lei/an
120	750	$136 \cdot 10^3$ lei/an	$49 \cdot 10^3$ lei/an

Se cere determinarea variantei optime în următoarele ipoteze de calcul.

I. *Ipoteza A:*

— criteriul minimizării cheltuielilor anuale de calcul (Z);

— costul pierderilor de energie electrică — 0,31 lei/kWh preț mediu de vînzare pe sistem.

II. *Ipoteza B:*

— criteriul cheltuielilor totale actualizate minime;

— costul pierderilor de energie electrică conform normativului PE — 011 (costul de echivalare care pentru tensiunea de 6 kV este de 0,67 lei/kWh);

— durata de studiu 10 ani, rata de actualizare 8%.

Rezolvare:

● Rezultatele de calcul în ipoteza A.

$$Z_A = C_t + p_n I_t = \text{minim};$$

$$Z_{70} = (550 \cdot 0,10 + 82) \cdot 10^3 = (55 + 82)\,10^3 = 137\,000 \text{ lei/an};$$

$$Z_{95} = (650 \cdot 0,10 + 62) \cdot 10^3 = (65 + 62) \cdot 10^3 = 127\,000 \text{ lei/an};$$

$$Z_{120} = (750 \cdot 0,10 + 49) \cdot 10^3 = (75 + 49)\,10^3 = 124\,000 \text{ lei/an}.$$

Se recomandă alegerea secțiunii de 120 mm², deoarece diferența de cheltuieli anuale între varianta cea mai economică și ultima clasată este de 13 000 lei, iar față de varianta mai puțin economică este de 3 000 lei.

● Rezultatele obținute la aplicarea ipotezei B sînt următoarele:

$$Z_{act_B} = (I_{act} + C_{act} - R_{n\,act})_B = \text{minim}$$

Întrucît cablul se montează într-o lună $I_{act} = I_B$, valoarea lui R_n va fi diferită la sfîrșitul anului al zecelea, deoarece costul cablului este diferit în cele trei variante.

Mărimea R_n se calculează după o relație de forma:

$$R_n = I(1 - an)$$

unde: a este rata amortizării = 0,04; n — perioada de studiu = 10 ani.

Dacă se fac calculele cu valorile lui (a) și (n) atunci rezultă:

$$R_{70} = 550(1 - 0,04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 330\,000 \text{ lei};$$

$$R_{95} = 650(1 - 0,04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 390\,000 \text{ lei};$$

$$R_{120} = 750(1 - 0,04 \cdot 10) \cdot 10^3 = 450\,000 \text{ lei}.$$

Valorile actualizate se pot pune sub următoarea formă:

$$R_{70\,act} = (350 \cdot 0,46) \cdot 10^3 = 152\,000 \text{ lei};$$

$$R_{95\,act} = (390 \cdot 0,46) \cdot 10^3 = 179\,000 \text{ lei};$$

$$R_{120\,act} = (450 \cdot 0,46) \cdot 10^3 = 207\,000 \text{ lei}.$$

Pentru 10 ani de studiu cheltuielile actualizate au următoarele valori:

$C_{70\,act} = 1\,520\,000$ lei; $C_{95\,act} = 1\,220\,000$ lei; $C_{120\,act} = 912\,000$ lei.

Scanned with OKEN Scanner

Cheltuielile totale actualizate în ipoteza B au următoarele valori:

$Z_{70}^{ac} = (550 + 1520 - 152) \cdot 10^3 = 1\,898\,000$ lei;

$Z_{95}^{ac} = (650 + 1220 - 179) \cdot 10^3 = 1\,691\,000$ lei;

$Z_{120}^{ac} = (750 + 912 - 207) \cdot 10^3 = 1\,455\,000$ lei.

Deci în ipoteza (B) se alege tot secțiunea de 120 mm^2, deoarece:

$Z_{120}^{ac} < Z_{95}^{ac} < Z_{70}^{ac}$

* * *

Prezentarea aspectelor teoretico-aplicative ale modelării sistemelor de producție s-a făcut cu scopul precizării structurii modelelor cercetării operaționale și a evidențierii modului de folosire a ideii sistemice la optimizarea sistemelor industriale în general și a sistemelor de energie în special.

Întregirea concepției sistemice de abordare a fenomenelor reale reclamă construirea în continuare în cadrul lucrării de față a modelelor matematice operative în teoria prognozei, teoria deciziei și în teoria costurilor. Pe baza modelelor construite care se leagă sistemic cu cele ce urmează în lucrare se poate face o analiză temeinică a activității curente și previzionale a sistemelor de producție și se poate clădi o decizie rațională care să ducă la realizarea unei producții de calitate la un cost cît mai mic cu putință.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 3

Modele în teoria prognozei și în teoria deciziei

3.1. Modele în teoria prognozei

3.1.1. Probleme de bază privind prognoza sistemelor de producție

Problemele de prognoză industrială devin de la o zi la alta componentele de bază ale proceselor de decizie și de conducere a sistemelor de producție. Această tendință este determinată de schimbările care au loc atît la nivelul tehnologiilor cît și la nivelul modelelor de conducere. Prin studii de prognoză specialiștii devansează cunoașterea evenimentelor și creează posibilitatea alegerii variantelor optime de realizare a acțiunilor declanșate prin decizii. Motivele care au determinat grăbirea încetățenirii prognozei ca metodă de conduce sînt: dinamica explozivă a evenimentelor și influența viitorului asupra acesteia; transformarea exponențială a condițiilor de viață, creșterea posibilităților de apariție a fenomenelor neașteptate pe care le generează producția; scurtarea distanței în timp între descoperirile științifice și aplicarea lor în practică, utilizarea mijloacelor noi de producere a energiei în cantități dorite precum și conceperea „creierului electronic" (calculatoare cifrice și analogice). Toate acestea ne îndreptățesc să afirmăm că viitorul posibil al conducerii matematico-cibernetice a sistemelor industriale a și început și impune pregătirea tuturor specialiștilor în teoria și practica prognozei pentru a-i înarma cu instrumente utile în cercetarea sistematică a viitorului. În această idee, orice specialist trebuie să știe cum să acționeze, să știe ce vrea și ce poate realiza în condiții optime de folosire a resurselor.

Cercetările previzionale la nivelul R.S. România se fac ținînd seama de orientările cuprinse în documentele de partid și de indicațiile date de secretarul general al P.C.R., tovarășul Nicolae Ceaușescu, care arată că la elaborarea prognozei trebuie pornit de la legile obiective ale dezvoltării sociale, de la realitățile concrete ale țării noastre precum și de la tendințele revoluției tehnico-științifice pe plan mondial. Pe baza acestor idei s-au conturat două direcții de dezvoltare a cercetării viitorului și anume: cercetări fundamentale consacrate științei despre viitor și elaborarea prognozelor privind dezvoltarea României pînă în anul 2000.

Prognoza poate fi definită ca o afirmație probabilistă asupra viitorului cu un anumit grad de precizie. Deci prognoza înseamnă cunoașterea în viitor

Scanned with OKEN Scanner

(pro = înainte, gnosis = cunoaștere). Prognoza stabilește evoluția (cantitativă și calitativă) probabilistă în timp a structurii sistemelor. Pentru această disciplină s-au propus diverse denumiri cum ar fi: previziune, predicție; proiecție în viitor, prognosticare, futurologie, melontologie (melon = viitor) prospectivă, delphologie (de la oracolul Delphi care prezicea neștiințific viitorul), anticipare, estimație, prezicere etc. Termenul cu cea mai largă circulație la nivelul țărilor socialiste apare sub denumirea de prognoză.

O primă clasificare a prognozelor se poate face în funcție de domeniul de studiu (aria prognozei) și funcție de parametrii temporali ai investigației (orizontul prognozei). După domeniul la care se referă, prognozele se împart în prognoze științifico-tehnice, prognoze economice și prognoze sociale. Sub aspectul orizontului, prognozele pot fi pe termen scurt (3-7) ani; pe termen mediu (8—15) ani și pe termen lung (15—30) ani. Prognozele concrete între 30 și 50 ani pot fi riscante sub aspectul garanțiilor în domeniul industrial și social deoarece automatizarea și cibernetizarea pot schimba premizele care au stat la baza previziunii. Prognoza precede planificarea (prognoza este o preplanificare) deoarece pregătește informații pentru întocmirea planurilor. Planificarea poate schimba rațional prognoza. Conducerea sistemelor urmărește prin decizii ca relația prognoză-planificare să fie cît mai eficientă.

Modelele de prognoză a evoluției sistemelor industriale trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să furnizeze o analiză matematică completă a problemei, să fie simple pentru ca să acorda loc suficient imaginației și să permită utilizarea tuturor surselor de informații. Cercetările concrete efectuate asupra viitorului se pot plasa în următoarele categorii de probleme: explorarea atitudinii factorilor în corelație pentru rezolvarea problemelor de viitor, sublinierea aspectului de cunoaștere a realității posibile și precizarea conținutului metodelor de investigație. Orice studiu de prognoză reclamă trei opțiuni și anume: calea de tratare a problemelor prin tehnici explorative și/sau tehnici normative (studiu orientat spre tendințe sau orientat spre obiective), opțiunea între tratarea sintetică și tratarea morfologică (studiul viitorului pornind de la întreg spre parte sau viceversa) și opțiunea dintre tratarea intuitivă și tratarea teoretică (studiu pe baza ideilor empirice sau pe bază de modele teoretice).

În variantele explorative viitorul este un obiect de studiu, iar în variantele normative el devine un cîmp de acțiune. Viitorul se poate studia descriptiv (imaginativ), explorativ cînd se precizează tendințele de dezvoltare a fenomenelor și prescriptiv (normativ) — cînd se acționează pentru realizarea unui viitor posibil.

Orice studiu de prognoză trebuie să dea răspuns la următoarele întrebări: Unde este posibil să ajungem? Unde intenționăm (dorim) să ajungem? Unde credem că vom ajunge? Care sînt căile cele mai probabile de realizare a acțiunilor vizate? Care este efortul ce trebuie depus și ce rezultat se așteaptă?

Distincția dintre gîndirea și tratarea cu care operează tehnicile de prognoză explorativă și normativă la soluționarea problemelor apare la nivelul atitudinii în fața viitorului. Tehnica și gîndirea explorativă invită la creație teoretică, iar tehnica și gîndirea normativă vizează căile optimale de organizare a resurselor cu scopul realizării eficiente a evenimentelor studiate. Tehnica explorativă dezvoltă secvențe de operații pe bază de postidicție și

le dirijează spre dinamica lor viitoare pe cînd tehnica normativă de prognoză urmărește drumul invers de la stările viitoare, spre cele prezente. Tehnicile de prognoză explorative și narative se corelează la nivelul diverselor aplicații atît sub aspectul cercetării viitorului pe verticală (de-a lungul axei timpului) cît și a cercetărilor pe orizontală sub aspectul structurii interne a sistemului analizat.

Prima cale de tratare are drept rezultat formarea de sisteme cibernetice previzionale (în care obiectivele se intercondiționează reciproc), pe cînd integrarea pe orizontală vizează stabilirea de norme optime de evoluție a evenimentelor în perspectivă.

Ordinea prioritară acordată factorilor tehnologici, economici și sociali a dus la formarea în prognoza nemarxistă a trei școli și anume: școala americană, școala europeană și școala japonează. Școala americană acordă prioritate previziunii tehnologice, școala europeană dezvoltă prioritar problematica omului în evoluția exponențială a științei și tehnicii, iar școala japonează încearcă să concilieze tendințele utopice cu cele pragmatice lansînd ideea unei societăți cu rețele multiple care se preocupă de adaptarea omului la tehnologia secolului XXI. Această ultimă școală încearcă să aplice analiza de sistem la crearea condițiilor prin care oamenii să participe în număr cît mai mare la planificarea producției în domeniul tehnico-economic. În prezent în S.U.A. există peste 600 de sisteme industriale care au în structura lor servicii de concepție pe probleme de prognoză. Sumele alocate studierii problemelor de prognoză reprezintă 1% din fondul destinat cercetării și dezvoltării aplicative a producției. În Europa occidentală există circa 300 de instituții care se ocupă cu studiul problemelor de prognoză. Prognoza aplicată de cele trei școli are la bază caracteristicile structurii sistemelor capitaliste care imprimă soluții de necontinuitate dezvoltării producției.

Prognoza marxistă îmbină cele două tehnici de cercetare a viitorului (explorativă și normativă) într-o viziune sistemică cu soluții de continuitate a dezvoltării producției și leagă activitatea previzională de acțiunile de conducere științifică a întregului sistem analizat.

În socialism, respectiv la noi în țară, orientarea evoluției sistemelor spre viitor este posibilă, deoarece Partidul Comunist Român a transformat anticipația într-o metodă curentă de planificare. Legătura dintre prognoză și planificare trebuie înțeleasă în sensul unei legături organice. Prognoza pregătește terenul pentru deciziile din domeniul planificării. Prognoza vizează atît dezvoltarea tehnologiei cît și a metodelor de conducere a sistemelor industriale. Prognoza a apărut ca metodă de conducere în jurul anului 1960. Ea contribuie la amplificarea gîndirii umane, dar nu o înlocuiește.

Unitatea dialectică dintre dezvoltarea tehnologiei și metodele de conducere se poate realiza sub forma prognozei tehnologice ca metodă de conducere a sistemelor industriale. Prognoza tehnologică permite realizarea următoarelor deziderate: accelerarea și orientarea transformărilor de tehnologie, optimizarea structurilor industriale și anticiparea modificărilor din cadrul sistemelor de producție. Pentru a include prognoza în tehnica de planificare este necesar să se dispună de arbori de pertinență și de decizie. Astfel se poate trece de la o planificare orientată către produse la o planificare bazată pe funcțiuni. Prognoza tehnologică stabilește duratele de dezvoltare, cheltuielile necesare, utilitatea acțiunilor și le pune la dispoziția planificării acti-

Scanned with OKEN Scanner

vității la nivelul sistemului studiat. Planificarea transpune în practică concepția intelectuală, jalonată în cadrul studiilor de prognoză. Contribuția tehnicilor de *prognoză explorativă* (tehnica orientată spre posibilități) și *prognoză normativă* (tehnica orientată spre necesități și funcțiuni) se exemplifică prin precizarea gradului de influență a mediului asupra structurii sistemului, micșorarea erorilor în dezvoltarea evenimentelor și facilitarea alegerii alternativei posibile de dezvoltare a sistemelor.

Strategiile planificării beneficiază de informațiile prognozei și se formulează astfel strategii defensive în care se iau măsuri de preluare a riscurilor provocate de situații neprevăzute, strategii de adaptare riguroasă a situației prezise la realitate și strategii de dominare tehnico-economică a soluției acceptate. În acest context planificarea include alocarea resurselor materiale și umane pentru realizarea acțiunilor, precizarea metodelor de conducere și organizare optimală a producției precum și precizarea legăturilor sistemului analizat cu mediul prin intermediul funcțiior de reacție inversă (feedback).

Planificarea este un instrument al conducerii activităților economico-organizatorice a statului socialist și urmărește utilizarea rațională a resurselor materiale și umane la nivelul întregii economii. Prin planificare se transpune în practică politica clasei muncitoare la nivelul întregii țări. Ea se realizează prin intermediul planurilor de stat curente și de perspectivă. Planul de stat stabilește, cu ajutorul indicatorilor, direcțiile și ritmurile de dezvoltare a economiei țării, proporțiile de extindere a ramurilor industriale, acumulările și avuția întregii țări. Corelarea părților componente a unui plan se face prin intermediul produsului social și anume prin stabilirea fondurilor de înlocuire a mijloacelor de producție consumată, prin alocarea unui anumit fond de consum și prin fixarea fondului de acumulare. Între aceste fonduri se stabilesc corelații care permit creșterea venitului național. Proporțiile de dezvoltare a economiei naționale se planifică cu ajutorul ritmurilor și nivelelor după cum urmează: planificarea dezvoltării ramurilor de bază ale industriei, trebuie realizată în ideea ca energetica să devanseze celelalte ramuri, iar construcția de mașini, chimia și siderurgia să aibă ritmuri înalte de dezvoltare; industria trebuie să aibă prioritate față de agricultură; ponderea grupei A (mijloace de producție) față de grupa B (mijloace de consum) trebuie să crească în dinamica aplicării conceptelor de planificare. Planificarea la nivelul țării noastre se realizează cu ajutorul planului unic al economiei naționale.

Planul unic al economiei naționale poate avea un caracter anual sau multianual (cincinal, șesenal, decenal). Planul anual prevede dezvoltarea în detaliu a ramurilor economiei naționale. Planul de perspectivă trasează liniile directoare pentru dezvoltarea economiei naționale. Planul unic al economiei național are două părți care reflectă capitolele de ramură și capitolele de sinteză. Capitolele de ramură cuprind planurile industriale, ale transporturilor, ale comerțului etc. cu referire la toate aspectele reproducției lărgite (producție, dezvoltare tehnică, aprovizionare etc.). Capitolele de sinteză urmăresc un anumit aspect al reproducției cum ar fi: investițiile, forța de muncă etc. Capitolele de ramură asigură proporțiile iar capitolele de sinteză prevăd corelația dintre elementele reproducției astfel ca economia de resurse să fie maximă.

Capitolele de sinteză ale planului unic la nivelul unei ramuri cuprind următoarele secțiuni: planul de producție, planul de cercetări științifice, planul

Scanned with OKEN Scanner

dezvoltării tehnice, planul investiţiilor, planul aprovizionării tehnico-materiale şi al desfacerii producţiei, planul de muncă şi retribuţii, planul cheltuielilor de producţie şi planul financiar. Planul este defalcat pe ministere, pe centrale industriale şi pe întreprinderi de producţie. Planul la nivelul unui minister diferă de cel la nivelul ramurii întrucît o parte din sarcini revin altor ministere angajate la realizarea unor produse. Planul întregii economii este centralizat la nivelul Comitetului de Stat al Planificării. Planul unic al economiei naţionale se elaborează pe forme de proprietate (de stat şi cooperatistă).

Indicatorii de plan definesc şi fundamentează sarcinile de producţie. Ei se clasifică după mai multe criterii dintre care menţionăm: după natura sarcinilor se deosebesc indicatori cantitativi (valoarea producţiei, forţa de muncă etc.) şi indicatori calitativi (creşterile şi reducerile calitative a unor mărimi); după unitatea de măsură indicatorii pot fi exprimaţi în expresie naturală (bucăţi, kWh etc.), expresie natural-convenţională (pentru producţie neomogenă) şi în expresie valorică (lei); după importanţă se deosebesc indicatori de plan supuşi aprobării şi indicatori de calcul care nu se supun aprobării. Elaborarea indicatorilor de plan se face pe baza normelor privind conţinutul muncii, folosirea utilajului şi a suprafeţelor precum şi utilizarea raţională a resurselor de orice fel.

Documentele de Partid şi de Stat arată că planificarea trebuie să permită dezvoltarea armonioasă a economiei naţionale potrivit intereselor generale ale societăţii socialiste. În cadrul planului trebuie să se reflecte conceptele centralismului democratic astfel ca să se elimine din tehnica de planificare manifestările de centralism excesiv şi subiecitivism local. La elaborarea planului trebuie să se aplice principiul muncii colective şi să se creeze condiţii ca rentabilitatea activităţii să crească la toate nivelele de conducere. Planificarea urmăreşte închegarea unei concepţii unitare de dezvoltare a producţiei şi de creştere a rolului întreprinderilor şi a centralelor industriale la fundamentarea indicatorilor de plan şi la realizarea sarcinilor.

Metodologia elaborării şi aprobării planului unic al economiei naţionale cuprinde următoarele etape:

— Întreprinderile fac propuneri de plan bazate pe calcule detaliate privind soluţionarea optimă a folosirii resurselor materiale şi umane.

— Centralele industriale elaborează propuneri de plan propriu pentru subramurile pe care le conduc, urmărindu-se o coordonare a folosirii eficiente a resurselor la nivelul întreprinderilor din subordonare directă.

— Ministerul economic formulează propuneri pentru întreaga ramură luînd în consideraţie planurile elaborate de centralele industriale pe care le dirijează. La elaborarea planului de către minister se urmăreşte corelarea riguroasă între resurse şi consum.

— Comitetul de Stat al Planificării (CSP), ţinînd seama de directivele de partid, elaborează pe baza propunerilor sosite de la ministere proiectul planului unic al economiei naţionale. Acest proiect este supus discuţiei plenare CC al PCR care aduce îmbunătăţirile de rigoare. După aceasta, proiectul se supune spre aprobare Marii Adunări Naţionale. După aprobare planul capătă caracter de directivă (este obligatoriu) pentru întreaga ţară.

— Defalcarea şi difuzarea sarcinilor din planul de stat se face rapid şi în detaliu pentru fiecare unitate productivă.

Scanned with OKEN Scanner

Elaborarea planurilor de perspectivă se face pe baza unei munci de concepție concretizată în studii de prognoză care se elaborează la nivelul CSP. Planul unic al economiei naționale elaborat pe baza directivelor de partid poate fi de largă perspectivă sau se poate referi la o perioadă de (5—10) ani. Directivele privind dezvoltarea țării sînt supuse aprobării Congreselor Partidului Comunist Român. Planurile unice ale dezvoltării României au un caracter unitar, complex, dinamic, și progresiv și se referă la perioade de (5—10) ani. Planurile cincinale și șesenale au stat la baza dezvoltării industriei, iar planurile decenale au concretizat dezvoltarea energeticii.

În planificare se folosesc frecvent *balanțele*. Prin balanță se înțelege un sistem de indicatori cu ajutorul cărora se compară resursele cu necesitățile la nivelul economiei naționale. Balanțele redau corelația dintre producție, consum, acumulare, repartiția venitului național și utilizarea rațională a forței de muncă. Balanțele pot fi materiale, valorice și balanțe ale resurselor umane. Balanțele materiale se împart în balanțe ale mijloacelor de producție și balanțe ale bunurilor de consum. Resursele (R) și necesarul (N) care se prind în balanțe se stabilesc pe baza unor calcule riguroase. În funcție de corelația resurselor cu necesarul deosebim: balanțe echilibrate ($R = N$); balanțe excedentare ($R > N$) și balanțe deficitare ($R < N$). Modelele matematice care stau la baza balanțelor legăturilor dintre ramuri sînt de tip input-output statice și dinamice elaborate de W. Leontief.

Prin intermediul corelațiilor directe dintre prognoză și planificare problemele viitorului (dezvoltarea în perspectivă a unei țări) au început să devină unul dintre cele mai importante aspecte ale activității de conducere. Metodele de planificare a activității la nivelul sistemelor inginerești (Systems engineering) permit abordarea problemelor pe funcțiuni bazate pe reacție inversă. Astfel se studiază posibilitățile optime de realizare a unor activități punîndu-se accentul pe îmbunătățirea tehnologiei, pe creșterea performanțelor produselor și a activităților precum și pe sporirea capacității de organizare și creație la nivelul întregului sistem industrial. Eficiența realizării sarcinilor de plan crește dacă executanții și conducătorii înțeleg obiectivele, își cunosc rolul pe care îl dețin în producție și depun efort pentru îndeplinirea sarcinilor.

Pentru creșterea eficienței muncii productive și de conducere se impune îmbinarea creativității individuale cu efortul colectiv. Eșecurile de conducere pot rezulta din: reavoință în executarea sarcinilor, promovarea sistemelor de conducere bazate pe supunere de automat, lipsa de receptivitate a conducătorului față de necesitățile subalternilor și inaptitudinea conducătorului de a se vedea pe sine însuși așa cum îl văd ceilalți.

Metodele de prognoză, deși variate ca număr (peste 100), se pot exemplifica printr-o suită caracteristică și anume: metoda creativității bazată pe anchete, metodea scenariilor, metoda morfologică, metoda arborelui de pertinență, metoda extrapolării și metoda ingineriei sistemelor (metoda construcției strategiilor optimale a sistemelor previzionale).

● Printre *metodele de creare* a ideilor privind orizonturi noi de prognoză ale sistemelor reținatenția următoarele: metoda imaginației (logice, critice, creatoare etc.); metoda furtunii creierului (Brainstorming) și metoda Delphi cu cele cinci variante ale sale.

Scanned with OKEN Scanner

— Metoda imaginației a fost aplicată încă din 1937 cînd două colective (unul format din salariații de la General Electric și celălalt format din studenții de la MIT Boston — S.U.A.) au participat la crearea unor noi idei pe baza gîndirii imaginative. Pe baza imaginației logice se fac legături dintre cunoscut și necunoscut și se obțin date privitor la ceea ce trebuie descoperit. Prin imaginația critică se elimină fenomenele negative din dezvoltarea previzională a proceselor. Cu ajutorul imaginației creatoare proiectăm în viitor tendințele noi de dezvoltare a sistemelor analizate.

— Metoda furtunii creierului permite generarea sistematică a ideilor noi pe baza chestionării repetate a unui grup de specialiști selectat în prealabil. Metoda elimină spiritul critic în procesul de creare a ideilor noi și stimulează reflecții libere ale grupului de specialiști în diverse probleme care se formulează precis sub aspectul conținutului. Brainstormingul se poate regăsi în următoarele metode operative de lucru: metoda „sesiunilor de discuții" (buzz sessions); metoda „întrebărilor răspund" (ask-answer sessions) metoda creativității operaționale; metoda „Synapse" și metode experimentale cum ar fi: economisirea efortului, disecția tehnică, metoda „dar și" etc.

— *Metoda Delphi* se aplică la estimarea datei probabiliste de apariție a unor noi tehnologii, la elaborarea unei liste de evenimente viitoare posibile, la punerea în evidență a resurselor de realizare a obiectivelor etc. Pentru aplicarea acestei metode se formulează tema și se alcătuiește grupul de conducere al anchetei Delphi. Apoi se trece la întocmirea chestionarelor și la discutarea soluțiilor preconizate. În cele cinci variante ale metodei Delphi se fixează următoarele aspecte ale problemei: orizontul prognozei; ordinea și controlul desfășurării evenimentelor; evaluarea investițiilor și cheltuielilor; optimizarea soluției preconizate sub aspectul condițiilor umane precum și organizarea și conducerea optimală a sistemelor analizate. În acest mod se obțin date asupra evoluției evenimentelor și se pot dirija sistemele în direcțiile viitorului posibil la care se întrevede o eficiență maximă a activității.

● *Metoda „scenariilor"* stabilește combinații dintre modele singulare de prognoză cu scopul elaborării pas cu pas a evoluției proceselor de producție. Pe baza acestei metode se pot arăta posibilitățile care există în fiecare etapă de dezvoltare și cum pot fi ele folosite la concretizarea optimă a evoluției sistemului analizat. Metoda arată modalitățile de luare în considerare a aspectelor dinamice ale dezvoltării unui sistem complex.

● *Metoda morfologică* de prognoză se aplică la probleme ca: obținerea de informații privind evoluția fenomenelor; determinarea soluțiilor pentru o clasă de probleme dată; stabilirea succesiunii efectelor rezultate dintr-o cauză dată. Etapele aplicării metodei morfologice sînt următoarele:

— stabilirea enunțului problemei și fixarea variabilelor;
— reperarea factorilor de care depinde soluția problemei;
— determinarea valorilor pe care le iau parametrii principali ai problemei;
— analizarea variantelor sub aspectul posibilităților și utilităților complexe;
— selectarea soluției cu eficiență maximă.

● *Metoda arborelui de pertinență* sau a arborelui de posibilități urmărește construirea riguroasă a tuturor elementelor care condiționează evoluția posibilă a unui sistem și analizează construirea tuturor variantelor prin care se

Scanned with OKEN Scanner

poate atinge obiectivul. Prin această metodă se explorează posibilitățile de realizare a viitorului posibil prin estimarea tendințelor. Metoda arborelui de pertinență permite organizarea sistematică a informațiilor referitor la schimbările potențiale din dinamica schimbărilor reale și analizează implicațiile acestora asupra evoluției în perspectivă a sistemului analizat.

● *Metoda extrapolării* presupune cunoscută evoluția unor tendințe pe baza datelor din trecut și postulează posibilitatea de extindere a estimației și în viitor. Metoda extrapolării se aplică fie sub forma extrapolării analitice fie sub forma extrapolării fenomenologice, unificatoriale și multifactoriale. Extrapolarea analitică operează cu teoria predicției din cadrul seriilor dinamice. Astfel se pornește de la o serie de date corespunzătoare „trecutului" unui proces și se construiește „viitorul" acestuia prin extrapolarea tendinței. Extrapolarea fenomenologică are la bază corelațiile din cadrul curbelor înfășurătoare ale tendințelor de dezvoltare a fenomenelor. Această metodă are caracter explorativ, se utilizează în prognoze cantitative și operează cu serii dinamice.

Seria dinamică se definește printr-un șir de date care corespunde unei anumite caracteristici cantitative măsurate în diferite momente succesive de evoluție a evenimentelor analizate. Seria dinamică reprezintă un eșantion dintr-un proces aleator. Extrapolarea unei serii dinamice presupune cunoașterea seriei la momentele ($t_i = 1, ..., n$) și construirea unor predictori care estimează valorile seriei la momentele viitoare ale evoluției sistemului cercetat. Dinamica fenomenelor care fac obiectul unei prognoze este descrisă de trendul problemei (tendința de evoluție). În cadrul acestei tendințe pot apărea variații ciclice și variații întîmplătoare ale variabilelor seriei dinamice. Luarea în considerație a acestor tipuri de variație în procesul construirii deciziilor înlesnește formularea tendinței de dezvoltare reală a sistemului în perspectivă. Studiul tendinței unei serii dinamice denumit *ajustare* constă în construirea unei funcții care îmbracă fidel valorile seriei supuse analizei. În acest scop se folosesc fie clasa funcțiilor exponențiale, fie clasa funcțiilor polinomiale. Fidelitatea unei ajustări a seriilor dinamice se poate proba fie cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate, fie cu ajutorul mediilor mobile iterate. Dacă polinomul de ajustare a seriei dinamice este de grad mare, atunci apare ca dezavantaj faptul, așa cum remarcă statisticianul, că funcția „dă din coadă". Din aceste motive în practică se preferă polinoame de ajustare pînă la gradul al treilea. Dacă funcțiile de ajustare au forme exponențiale atunci se logaritmizează expresia inițială și se determină parametrii operativi de lucru. Această metodă este operativă în cazul funcțiilor cu doi parametri. Dacă numărul parametrilor crește, atunci la ajustarea unei serii dinamice se poate aplica cu o eficiență mai mare metoda mediilor mobile iterate. Căile de stabilire se referă la: periodograma lui Schuster; metoda Buys-Ballot; metoda corelogramei etc. Analizarea cît mai complexă a unui fenomen se face cu ajutorul unei serii dinamice cu structură variabilă în timp la care tendințele și variațiile (ciclice și întîmplătoare) fie că se conservă total sau parțial, fie că nu se conservă deloc. Dintre modelele matematice cu care operează extrapolarea analitică reținem atenția următoarele: modelul Brown; modelul Holt; modelul Box-Jenkinx; modelul Muth; modelul Marlot-Bachelet; modelul Winters; modelul Markov etc.

Extrapolarea fenomenologică operează cu caracteristici globale ale fenomenelor întemeiate pe legături logice. Deosebirea dintre extrapolarea analitică

și cea fenomenologică constă în modul diferit de identificare a funcțiilor care descriu tendința fenomenului investigat. Extrapolarea fenomenologică operează fie cu curbe de variație a tendințelor fie cu modele matematice care reflectă tendința.

Modelele matematice cu care operează extrapolarea fenomenologică au la bază relații exponențiale, logistice (de învățare), normale și lognormale. Dintre acestea reținatenția următoarele tipuri de modele: modelul Bertalanffy, modelul Prais, modelul Hartman, modelul Isenson, modelul Ross-Szelinsky, modelul Pyatt, modelul Gompertz-Kuzneț, modelul Klassen-Koyet (K-K), modelul Bonus etc.

După analiza evenimentelor pe baza extrapolării analitice și fenomenologice se precizează parametrii estimați, se indică plaja de variație în timp a variabilelor și se stabilește orizontul de prognoză a evoluției sistemului cercetat.

● *Metoda ingineriei sistemelor* se aplică la stabilirea prognozei evenimentelor complexe. Ea operează cu tehnica optimizării unor funcții de eficiență în condiții restrictive impuse atît de condițiile interne ale sistemului cît și de condițiile externe în care se desfășoară evoluția. Ingineria sistemelor industriale utilizează modele de prognoză expuse anterior pentru a determina tendințele de dezvoltare a fenomenelor singulare și studiază corelarea lor în cadrul dinamicii evenimentelor complexe în care acționează mai mulți factori în interdependență funcțională.

Metoda de prognoză a ingineriei sistemelor complexe operează cu modele agregat bazate pe conceptele cercetării operaționale și pe curbe înfășurătoare ale evoluției tendințelor fenomenelor care compun evenimentele din sistemul studiat. Pentru aplicarea acestei metode se creează „uzine de gîndire" care analizează fenomenele singulare, le corelează și le încadrează în legi de evoluție probabilistice în așa fel încît să le prindă sub forma lor cantitativă și calitativă. Un proiect de dezvoltare a unui sistem industrial presupune: descompunerea obiectivului în activități, stabilirea relațiilor logice între acestea, evaluarea tendințelor și a duratelor, estimarea probabilităților de realizare a evenimentelor și precizarea parametrilor evenimentului final.

Regulile de extrapolare a fenomenelor pe baza *curbei înfășurătoare* sînt următoarele:

— alegerea variabilelor adecvate evoluției (macro- și microvariabile);

— identificarea restricțiilor și precizarea tipului de variabilă (intensivă sau extensivă);

— uniformizarea clasei de variabile prin trecerea celor extensive în intensive sau viceversa;

— stabilirea gradului de sensibilitate a variabilei față de mediul în care se desfășoară activitatea;

— iterarea procedeului la toate formele de activitate și stabilirea tendinței de evoluție a fenomenelor din cadrul sistemului analizat.

Clasele de variabile privind stările interne și externe ale sistemului sînt supuse la restricții legate de limitele fizice ale fenomenelor prognozate și de limitele de adaptabilitate ale omului (inteligență, memorie, atenție etc.), destinat a conduce aceste fenomene. Dintre modelele de prognoză utilizate mai frecvent în diverse țări menționăm: modelul static și dinamic de tip Leontief; modele care operează cu diverse forme ale funcțiilor de producție (Sollow,

Scanned with OKEN Scanner

Arrow etc.); modelul englez; modelul olandez, modelul norvegian, modelul francez; modelul american, modelul elaborat în U.R.S.S.; modelul maghiar, modelul cehoslovac; modelul polonez; modelul românesc; modelul german; modelul jugoslav; modelul italian și modelul chinezesc.

În prezent există algoritme de prognoză bazate pe diverse forme de modele matematice scrise în limbajul Fortran IV pentru calculatoare cifrice tip IBM. Dintre aceste programe reținem atenția algoritmul alocării resurselor, algoritmul „Impact" și algoritmul general „Incom". Algoritmul „Incom" este conceput pentru prognoze pe termen mediu și lung și se referă la: analiza cantitativă și calitativă a fenomenelor pentru determinarea modelului de creștere care îmbracă cît mai fidel fenomenul; determinarea alurei variației ciclice și stabilirea orizontului de prognoză. Algoritmul „Impact" se folosește la stabilirea prognozei stocurilor prin determinarea cantității ce trebuie comandată și a momentului lansării comenzii.

Metodele ingineriei sistemelor permit rezolvarea problemelor complexe de optimizări. Ele sînt adecvate prognozei dezvoltării optimale a sistemelor economico-inginerești. Tehnicile de prognoză bazate pe retroacțiune au la bază teoria sistemelor cibernetice. În acest domeniu există două clase de modele și anume: modele cu bucle de reacție între diferitele nivele ale dezvoltării tehnologice și modele cu bucle de reacție între diverse situații plasate diferit în timp ale dezvoltării sistemelor de producție. La astfel de probleme principala caracteristică este feedbackul între anticipație (forme posibile de viitor) și prognoza unui viitor real. Pe această cale planificarea creatoare, în perspectivă, se servește de viitor (fără să sufere de șocul viitorului) ca un mijloc de schimbare a prezentului și pune bazele unei dezvoltări științifice a tuturor activităților de la nivelul sistemelor industriale de producție.

3.1.2. Modele de prognoză la nivelul sistemelor industriale

Modelele matematice ale prognozei sistemelor generale și a celor industriale se pot împărți în trei clase și anume: modelele extrapolării analitice, modelele extrapolării fenomenologice și modelele agregat ale ingineriei sistemelor. Fiecare clasă conține modele matematice generale și speciale.

Modelele matematice cu care operează extrapolarea analitică sînt cele bazate pe teoria regresiei liniare și neliniare, teoria corelației simple, și multiple, și modelele speciale. Modelele bazate pe teoria regresiei și corelației se pot reprezenta prin funcții de forma:

$$Y_t = (a_0 + a_1 t + a_2 + t^2 \ldots + a_r t^r) \qquad (3.1)$$

în care: Y_t este mărimea căutată (reprezentată printr-o serie dinamică); a_0, a_1, a_2, a_r sînt constante; t — orizontul prognozei; r — numărul de evenimente din procesul studiat.

Ajustarea seriei dinamice (Y_t) printr-o serie (Y_t') în maniera metodei celor mai mici pătrate se face scriind o relație de forma:

$$A_j = \sum_t (Y_t' - a_1 t^2 - a_3 t^3 -, \ldots, - a_r t^r)^2 = \text{minim} \qquad (3.2)$$

Coeficienţii $(a_1, \ldots, a_r)$ se obţin anulînd derivatele mărimii (A_j) în raport cu (a_r). Pe această cale se poate vedea dacă ajustarea propusă este de calitate în sensul ca eroarea între $(Y_t'$ şi $Y_t)$ pentru o ajustare corespunzătoare trebuie să fie minimă. Ajustarea unei serii dinamice date se poate face după caz, fie cu o funcţie polinomială, fie cu o funcţie exponenţială. În ambele cazuri se urmăreşte ca seria ajustată să reflecte tendinţa de dezvoltare a fenomenului. Variaţia perioadei în jurul tendinţei se determină cu ajutorul periodiagramei lui Schuster scrisă sub forma:

$$V_p(t_r) = \frac{2}{n}\left[\left(\sum_t Y_t \cos\frac{2\pi}{t_r}\right)^2 + \left(\sum_t Y_t \sin\frac{2\pi}{t_r}\right)^2\right]^{1/2} \tag{3.3}$$

în care: (Y_t) se poate exprima printr-o serie Fourier de forma clasică; $V_p(t_r)$ — variaţia perioadei în jurul tendinţei (t_r); n — numărul de evenimente din proces.

Modelele speciale ale explorării analitice sînt reprezentate prin: modelele Brown (liniar şi patratic); modelul Holt (nesezonier şi sezonier); modelul Box-Jenkins; modelul Muth; modelul Morlat-Bachelet şi modelul Markov.

Modelul Brown descrie orizontul prognozei cu ajutorul unor predictori liniari (l), patratici (p) şi oarecari (o) de forma:

$$\left.\begin{aligned} P_{it}^{(l)} &= \left[(2M_i^{(1)} - M_i^{(2)}) + \frac{a}{a+1}(M_i^{(1)} - M_i^{(2)})\,t\right] \\ P_{it}^{(p)} &= [V_i^{(0)} + V_i^{(1)} \cdot t + V_i^{(2)} t^2] \\ P_{it}^{(0)} &= [V_{it}^{(0)} + V_i^{(1)} t_1 + V_i^{(2)} t_2 + \ldots + V_i^{(p)} t_p \end{aligned}\right\} \tag{3.4}$$

Tendinţele (V_t) se calculează astfel:

$$\left.\begin{aligned} V_i^{(0)} &= [3(M_i^{(1)} - M_i^{(2)}) + M_i^{(3)}] \\ V_i^{(1)} &= \left[\frac{a}{2(1-a)^2}[(6-5a)\,M_i^{(1)} - 2(5-4a)\,M_i^{(2)} + (4-3a)\,M_i^{(3)}]\right] \\ V_i^{(2)} &= \left\{\frac{a^2}{2(1-a)^2}[M_i^{(1)} - 2M_i^{(2)} + M_i^{(3)}]\right. \end{aligned}\right\} \tag{3.5}$$

Operatorii de ajustare (M_t) se determină cu relaţii de forma:

$$\left.\begin{aligned} M_i^{(1)} &= [aY_t + (1-a)\,M_{t-1}^{(1)}] \\ M_i^{(2)} &= [aM_i^{(1)} + (1-a)\,M_{t-1}^{(2)}] \\ M_i^{(3)} &= [aM_i^{(2)} + (1-a)\,M_{t-1}^{(3)}] \end{aligned}\right\} \tag{3.6}$$

Modelul matematic Holt operează cu următoarele relaţii:

$$\left.\begin{aligned} P_{it}^{ms} &= \exp\,(V_i^{(0)} + V_i^{(1)} t); \\ P_{it}^{s} &= \left[V_i^{(0)} + V_i^{(1)} t + V_i^{(2)} \frac{t^2}{2}\right] S_t \end{aligned}\right. \tag{3.7}$$

Mărimile (V_i); (V_t) și (S_t) se calculează astfel:

$$\left.\begin{aligned} V_i^{(0)} &= [aY_i + (1-a)\,V_{i-1}^{(0)}]; \quad V_i^{(1)} = [b(V_i^{(0)} - V_{i-1}^{(0)}) + (1-b)\,V_{i-1}^{(0)}] \\ V_i^{(0)} &= \left[\frac{aX_t}{S_t} + (1-a)\,V_{i-1}^{(0)}\right]; \quad V_t^{(1)} = b(V_t^{(0)} - V_{t-1}^{(0)}) + (1-b)\,V_{t-1}^{(1)} \\ V_t^{(2)} &= [c(V_t^{(1)} - V_{t-1}^{(1)}) + (1-d)\,V_{t-1}^{(2)}]; \quad S_t = \left[d\frac{Y_t}{V_t^{(0)}} + (1+d)\,S_{t-g}\right] \end{aligned}\right\} \quad (3.8)$$

în care: $a \geqslant 0$; $b \leqslant 1$; $c \geqslant 0$; $d \leqslant 1$; $g = 12$ (factor anual) $g = 4$ (factor trimestrial); S_t este factor sezonier; P_{it}^{ns} — predictor nesezonier; P_{it}^{s} — predictor sezonier.

Modelul Box-Jenkins operează cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} P_{it} &= [V_i^{(0)} + V_i^{(1)}t + 0{,}5V_i^{(2)}t^2] \\ V_i^{(0)} &= \left[V_{i-1}^{(0)} + f_0(E_i - E_{i-1}) + f_1E_i + f_2\sum_{i=1}^{t} E_i\right] \end{aligned}\right\} \quad (3.9)$$

în care: f_1; $f_2 \geqslant 0$; $E_i = (Y_i - V_{i-1}^{(0)})$; $0 < f_0 \leqslant 1$.

Modelul Muth operează cu o relație matematică de forma:

$$X_t = \left[Y_0 + t\cdot M\cdot + E_t + a\sum_{i=1}^{t-1} E_i\right] \quad (3.10)$$

în care: $(Y_0 + t\cdot M)$ este variația liniară sistematică; $\left(E_t + a\sum_{i=1}^{t-1} E_i\right)$ — variația aleatoarie normală cu media zero.

Modelul matematic Morlat și Bachelet are la bază o serie dinamică de următoarea formă:

$$X_t = (Y_{t-1} + M_t + E_t^{(1)} + E_t^{(2)}); \quad M_t = [a^tM_0 + (1-a^t)M_{t-1}] \quad (3.11)$$

în care: $E_t^{(1)}$ și $E_t^{(2)}$ = variabile aleatorii normale; $0 < a \leqslant 1$;

Modelul de prognoză de tip Winters arată astfel:

$$X_T = (Y_{t-1} + d_{t-1} + E_t^{(1)} + E_t^{(2)}) \quad (3.12)$$

Fiecare coeficient (a,b,c,d) este reprezentat printr-o serie dinamică și trebuie calculat cu precizie mare.

Modelul Markov operează cu propoziții de forma: dacă (X_t) sînt valorile observate ale unei serii dinamice sau o selecție din populația unui proces aleatoriu (X_t) atunci se pot construi predictori care să redea repartiția variabilelor aleatorii (X_{t+t}) sub forma:

$$P\{a \leqslant X_{n+t} < b \mid X_1, \ldots, X_n\} = P_n^t(X_n;\ A). \quad (3.13)$$

în care: $X_{n+t} \in A$ este mulțimea numerelor de pe axa reală; (a și b) sînt numere reale.

Scanned with OKEN Scanner

Relația (3.13) ne dă probabilitatea de trecere a procesului dintr-o stare în alta. Problema explorării în procese de tip Markov revine la estimarea repartițiilor condiționate.

Extrapolarea fenomenologică operează cu modele exponențiale și logistice de următoarele tipuri:

— modelul exponențial general:

$$\frac{dx}{dt} = ax(t); \quad \frac{\dot{x}}{x} = \text{ritmul de creștere sau descreștere;}$$

$$x(t) = e^{at} \tag{3.14}$$

în care: $\dot{x}$ este viteza de modificare a fenomenului; $x(t)$ — soluția problemei; t — orizontul prognozei; a — nivelul indicatorului (x) la momentul inițial.

— modelul exponențial cu saturație:

$$\frac{dx}{dt} = a[X_1 - X(t)]; \quad a > 0; \quad X(t) = X_1(1 - e^{-at}) \tag{3.15}$$

în care: X_1 este nivelul de saturație.

Pentru diverse valori ale constantei $(a > 0)$ se trasează o familie de curbe care indică viteza de variație a unei mărimi pînă la limita ei de saturație.

Modelele Bertalanffy și Prais au următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} x_1(t) &= x_1(1 - Ae^{-at})^3 \\ x(t) &= x_1 e^{-a/(t+b)} \end{aligned}\right\} \tag{3.16}$$

în care: A; a; b sînt constante; t — orizontul prognozei.

Pentru diverse valori ale lui $(a > 0)$ se obțin familiiile de curbe $[x(t) = f(t)]$ plafonate superior.

Modelul logistic general descrie comportarea în timp a unei mărimi care nu depășește nivelul de saturație (x_1):

$$\frac{dx}{dt} = a_1 x(t)\,[x_1 - x(t)]; \quad x(t) = x_1[1 - e^{(a_1 - b_1 t)}]^{-1} \tag{3.17}$$

în care: $a_1 = \ln\frac{x_1 - x(0)}{x(0)}$; $b_1 = a_1 x_1$; $x(t)$ = soluția expresiei (3.17).

Acest model este adecvat prognozelor în probleme de marketing.

Modelul Hartman operează cu o relația de forma:

$$\frac{dx}{dt} = a_2 x(t)\,Y(t); \quad 0 < a_2 \leqslant 1 \tag{3.18}$$

în care: a_2 este probabilitatea ca un cercetător în contact cu o unitate de informație să creeze o nouă unitate informațională, $x(t)$ — cantitatea de informație acumulată într-un domeniu pînă la momentul (t); $Y(t)$ — numărul de cercetători în domeniul respectiv la momentul (t).

Scanned with OKEN Scanner

Soluția modelului (3.18) se poate scrie sub următoarea formă:

$$x(t) = x_1\left[1 + \left(\frac{x_1}{x(0)} - 1\right)e^{-k\,y(t)}\right]^{-1} \tag{3.19}$$

în care; k este o constantă legată de structura domeniilor noi de cercetare.

Modelul de prognoză Isenson operează cu relații de forma:

$$\text{a)}\ \frac{dx}{dt} = a_3[Y(t) + a_4 Y^2(t)]; \quad \text{b)}\ x(t) = \frac{a}{2}\,Y_0^2[e^{2kt} - 1] \tag{3.20}$$

Pentru $a_3 = a$ și $a_4 = 0{,}5$ (factor de comunicare între cercetători) se obține soluția (3.20) b).

Modelele Ross-Szelinsky și Pyatt se pot scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= Y(t)\cdot x(t)[f(t)\cdot x_1(t) - x(t)];\\ \frac{dx}{dt} &= b[x(t) + a_5][x_1 - x(t)].\end{aligned}\right\} \tag{3.21}$$

Soluția ultimului model se poate scrie sub forma:

$$x(t) = x_1\,\frac{[1 + e^{-b(1+a_5)t}]}{\left[1 + \frac{1}{a_5}\,e^{-b(1+a_5)t}\right]} \tag{3.22}$$

Modelul Gompertz-Kuzneț operează cu relații de forma:

$$\frac{dx}{dt} = -\,n\cdot c\cdot x(t)\cdot[nx_1 - n\cdot x(t)]; \quad 0 < c \leqslant 1 \tag{3.23}$$

$$x(t) = e^{a-b}c^t; \quad x_1 = e^a; \quad x(t) = \frac{x_1}{e^{bct}}$$

în care: $x(t)$ reprezintă soluția problemei.

Pentru diverse valori ale mărimilor (a,b,c) se obțin familii de curbe ale tendințelor de dezvoltare în perspectivă a evenimentelor prognozate.

Modelul matematic Klaussen-Koyet $(K—K)$ operează cu relații de forma:

$$\frac{dx}{dt} = b\cdot x(t)\left[x_1(0) - \frac{a}{Y(t)} - d\cdot p(t) - x(t)\right]. \tag{3.24}$$

Soluția acestui model se poate scrie astfel:

$$x(t) = [x_1(0) - a/Y(t) - d\,p(t)] \tag{3.25}$$

în care: $Y(t)$ este venitul; $p(t)$ — prețul.

Modelul matematic Bonus operează cu funcții de forma:

$$x(t) = x_1(0)\,[(1 + e^{a-bt} + c\,e^{-dt})]^{-1} \tag{3.26}$$

în care: $x_1(t)$ reprezintă nivelul de saturație dependent de venitul preconizat și de prețul implicat în studiul de prognoză.

Scanned with OKEN Scanner

Modelul normal şi longnormal are drept soluţie o funcţie de forma:

$$x(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(u-m)^2}{2\sigma 2}} du; \quad \sigma > 0 \qquad (3.27)$$

în care: σ este abaterea medie; m — constanta; u — variabila de integrare.

Modelele (3.1)—(3.27) au o largă aplicaţie la analiza prospectivă riguroasă a sistemelor cu structură discretă şi continuă şi constituie baza de predicţie în organizarea şi conducerea fenomenlor din cadrul sistemelor industriale. Pentru a pune la dispoziţia specialiştilor instrumente matematice de lucru s-au selectat din literatură [55, 58, 86) cele mai importante funcţii pentru prognoza fenomenelor singulare şi complexe. Aceste funcţii se referă la relaţii de regresie liniară şi exponenţială, funcţii parabolice, semilogaritmice, log-inverse, funcţii logistice (normală, întîrziată pătratică, complexă), funcţii hiperbolice, funcţii Tornquist, funcţii oncologice, funcţii sumă, funcţii putere, funcţia procent etc. Tipurile de funcţii şi semnificaţia fiecărei mărimi se pot urmări în tabelul 19, iar reprezentarea lor grafică se dă în anexa 2.

Tabelul 19

Tipul funcţiei	Semnificaţia mărimilor
1) $Y = a + bt$; $Y = a + bt + ct^2$	Y = mărimea căutată; a,b,c = constante t = timpul
2) $Y = (a + bt)^{1/2}$; $Y = (a + bt)^{1/3}$; $Y = (a + bt + ct^2)^{1/3}$	$a;b;c$ sînt constantele procesului
3) $Y = at^b$; $Y = ae^t$; $Y = ab^t$	e = baza logaritmului neperian
4) $Y = K - ae$; $Y = (a + b\ln t$; $\ln y = a - \frac{b}{t}$	$a;b;K$ sînt constante ale procesului
5) $\ln Y = a - \frac{b}{t} - c \ln t$; $Y = \frac{at^2 + bt - c}{t^2 + t}$	$\ln t$ = logaritmul neperian al duratei (t).
6) $Y = \frac{1}{at^2 + bt + c}$; $Y = \frac{at^2 + bt + c}{t}$	$a;b;c$ = constante t = durata prognozei
7) $Y = \frac{K}{1 + be^{-ct}}$; $Y = \frac{K^2}{(1 + be^{-ct})^2}$	$a;b;c$ şi K sînt constante; t = timpul
8) $Y = \frac{Ae^{K(t-a)}}{1 + e^{K(t-a)}}$; $Y = K\left[1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{t}{t_0}\right)^n}\right]$	K = constanta procesului; n = numărul evenimentelor din procesul studiat

Tabelul 19 (continuare)

Tipul funcției	Semnificația mărimilor
9) $\ln Y = (K - a e^{-t})$; $\ln Y = \left(K - \frac{a}{b+t}\right)$	$K;a;b$ = constante; t = timpul
10) $Y = \frac{1}{a+bt}$; $Y = a + \frac{b}{c+t}$; $Y = \frac{Kt}{t+a}$	a,b,c,k = constante; t = durata prognozei
11) $Y = bt - \frac{(t-c)}{(t+a)}$ $Y = \frac{K(t+a)}{t+b}$	a,b,c,K = constante; t = durata prognozei
12) $Y = a e^{-c^2(t-b^2)}$; $Y = e^{at_t b}$	$a,b,c,$ = constante; t = durata prognozei
13) $Y = a + bt + c^{dt}$;	a,b,c,d = constante; t = durata prognozei
Modelul predicatorilor Brown:	
14) $\widetilde{P}_{tT} = V_t^{(0)} + V_t^{(1)}t + V_t^{(2)}t^2$	V_t^0 = valoarea medie a seriei dinamice $V_t^{(1)}$ = tendința liniară dată de primii termeni $V_t^{(2)}$ = tendințele obținute prin ajustarea polinoamelor de ordinul (2) t = orizontul prognozei
Modelul Holt	
15) $P_{tT} = \exp(V_t^{(0)} + V_t^{(1)}t)$	$V_t^{(0)}$ și $V_t^{(1)}$ au seminifacația de la pct. 14.
Modelul Box-Jenkins	
16) $\widetilde{P}_{tT} = (V_t^{(0)} + V_t^{(1)}t + 0{,}5V_t^{1()}t^2)S_{,t}\ T$	S_t, = coeficienți sezonieri prescriși pentru nivelul de prognoză t
Modelul Muth	
17) $X_t = Y_0 + t \cdot M + E_t + a\sum_{i=1}^{t=1} E_i = V_S + V_a$	$V_S = Y_0 + t \cdot M$ = variabila sistematică, M = predictor; t = timpul; Y_0 = punct de plecare; V_0 = variabila aleatoare $E_t + a\sum_i E_t$
Modelul Morlat-Bachelet	
18) $X_t = Y_{t-1} + M_t + E_t^{(1)} + E_t^{(2)}$	M_t = predictor; $E_t^{(1)}$ și $E_t^{(2)}$ = variabile aleatoare normale
Modelul Winters	
19) $X_t = Y_{t-1} + d_{t-1} + E_t^{(1)} + E_t^{(2)}$	d_{t-1} = predictor pe durata $(t-1)$
Modelul Bertalanffy	
20) $x(t) = x_1(1 - Ae^{-at})^3$	x_1; A; a = constante; t = orizontul prognozei

Tabelul 19 (continuare)

Tipul funcției	Semnificația mărimilor
Modelul Prais	
21) $x(t) = x_1 e^{-a/(t+b)}$	x_1; a; b = constante; t = orizontul prognozei
Modelul logistic	
22) $x(t) = x_1 [1 - e^{(a-bt)}]^{-1}$	$a = \ln \frac{(x_1 - x(0))}{x(0)}$; $b = a x_1$ a = constanta procesului
Modelul Pyatt	
23) $x(t) = x_1 \frac{1 + e^{-b(1+a)t}}{1 + \frac{1}{a} e^{-b(1+a)t}}$	x_1 = constantă; a = constantă; t = orizont de prognoză; b = constantă
Modelul Klassen-Koyct	
24) $x(t) = \left[x(0) - \frac{a}{y(t)} - d \cdot p(t)\right]$	$y(t)$ = semnificația venitului $p(t)$ = prețul; a;d = constante
Modelul Bonus	
25) $x_1(t) = x_1(0)/[1 + c \cdot y \cdot (t)]$	c = constantă; g = constantă $y(t) = Y(0) \cdot e^{gt}$; t = orizontul prognozei
Modelul longnormal	
26) $x(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^{t} e^{-\frac{u-a}{2\sigma^2}} du$	σ = abaterile medie sau dispersia; m = constanta; u = variabila de stare
Modelul Sollow	
27) $V(t) = e^{rt} F^a L^b$	r = rata progresului tehnic; F = fondul fix; L = forța de muncă
Modelul Arrow	
28) $V(t) = e^{rt} \cdot F^a L^{(1-a)}$	t = orizontul de prognoză
Modelul general de producție	
29) $Y = b \cdot L^a \cdot I^0$	Y = volumul producție L = cantitatea de muncă; I = investițiile; a,b,c = constante
Modelul dinamic simplificat pentru venitul național	
30) $I_{t_i} = V(t_{i-1})[1 - a(t_i)]$	I = fondul de acumulare V = venitul național t_i = orizontul de prognoză

Modelele ingineriei optimale ale sistemelor industriale apar în probleme de prognoză sub forma funcțiilor de creștere a activității în cadrul diferitelor sectoare ale economiei țării. Soluția optimă se poate determina fie pe baza cheltuielilor minime ocazionate de realizarea acțiunilor de prognoză, fie pe baza determinării principalelor mărimi care condiționează dezvoltarea sectoarelor industriale la nivelul economiei, al ramurii, sau întreprinderilor industriale.

Modelul matematic al cheltuielilor eșalonate pe întregul orizont al prognozei se poate scrie astfel:

$$Z_t^{d(pr)} = \left[\sum_i I_i(1 + r_a)^{-t} + \sum_i C_i(1 + r_a)^{-t}\right] = \text{minim} \qquad (3.28)$$

Restricțiile tehnologice și funcționale se analizează la fiecare clasă de obiective supuse prognozei.

Mărimile (I_i; C_i) reprezintă investițiile și cheltuielile anuale; r_a este rata de actualizare; t — orizontul prognozei divizat pe ani ($i = 1, \ldots, t$); $Z_t^{d(pr)}$ — cheltuielile totale deterministe sau probabiliste.

Dezvoltarea ramurilor industriale ale unei țări se poate concepe pe baza modelelor statice și dinamice de tipul input-output create de W. Leontief. Aceste modele se pot scrie sub forma:

$$\left.\begin{aligned} Y &= \left(X_i - \sum_j a_{ij}x_j\right); \quad (i = 1, \ldots, n) \\ Y_j(t) &= \left[X_i(t) - \sum_j a_{ij}y_j(t) - \sum_j b_{ij}\dot{x}(t)\right]; \quad (i = 1, \ldots, n) \end{aligned}\right\} \qquad (3.29)$$

Mărimea $\dot{x}_j(t)$ reprezintă derivata funcției $x_j(t)$ în raport cu timpul. În modelele (3.29) apar următoarele mărimi: a_{ij} sînt coeficienții tehnologici sau consumurile specifice; X_i — producția totală a ramurii (i); Y_i — produsul final al ramurii (i); $a_{ij}x_j$ — consumul propriu al ramurii (i); b_{ij} — necesarul de utilaje în ramura (i).

Selectînd modelele matematice de prognoză după criteriul aplicabilității obținem următoarea suită:

● *Funcția de eficiență a modelului englez* arată astfel:

$$P(t_0) = [a_0 + a_1E_p(t_0) + a_2I(t)_0 + a_3(t) + U(t)] \qquad (3.30)$$

în care: $P(t_0)$ este producția industrială; $E_p(t_0)$ — forța de muncă utilizată tot timpul perioadei de prognoză; $I(t_0)$ — investițiile a_0, a_1, a_2, a_3 — indici ai producției industriale; $U(t)$ — forța de muncă folosită temporar pe perioadă (t).

Restricțiile complete ale acestui model conțin 37 de relații. Modelul se poate aplica sub o formă simplificată operîndu-se doar cu 11 relații de bază dintre care funcția de eficiență (3.30) și zece relații pentru setul de restricții.

● *Modelul olandez de prognoză* estimează consecințele creșterii economice ținînd seama de schimbările în politica statului respectiv. Funcția de eficiență a acestui model particularizată pentru dezvoltarea sistemelor industriale discrete și/sau continue are forma:

$$V_t = \sum_{i=1}^{t}[C + X + I + D + N + E][1 + r_a]^{-i} \qquad (3.31)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: V_t este activitatea exprimată valoric pe întregul orizont de prognoză ($i = 1, ..., t$); C — consumul populației; X — cumpărările de mărfuri ale guvernului; I — investițiile; D — deprecieri de mărfuri; N — stocuri adiționale; E — exporturile.

● *Modelul norvegian* operează cu o funcție de eficiență de forma:

$$X_t = [a_i m_i + b_i I_i + e_i] \tag{3.32}$$

Funcția (X_t) redă corelația dinamică între forța de muncă (m_i), investițiile (I_i)și condițiile de desfășurare tehnică a producției (e_i); a și b sînt coeficienți dinamici.

● *Modelul macroeconomic trimestrial al Statelor Unite* cuprinde simularea a 32 sectoare productive cu ajutorul a circa (400) de relații. Funcția de eficiență a modelului american sub formă matricială se scrie astfel:

$$\left[A + BY_t + \sum_{j=1}^{p} B_j Y_{t-j} + CX_t\right] = 0 \tag{3.33}$$

Soluția acestui sistem de ecuații se poate scrie astfel:

$$Y_t = \left[-\frac{A}{B} - \frac{1}{B}\sum_{j=1}^{p} B_j Y_{t-j} - \frac{C}{B} X_t\right] \tag{3.34}$$

în care: A,B,C sînt constantele sistemului; Y_{t-j} — variabila dependentă de structura evolutivă a sistemului; B_j — matricea coeficienților tehnologici; X_t — variabila independentă de structura sistemului.

● Dintre *modelele de prognoză elaborate în U.R.S.S.* reține atenția modelul conceput de Novojilov sub forma:

$$Z_t = \left[C_t + r_k I_t + \sum_{g=1}^{m} q_{gt} r_g + \sum_{j=1}^{n} q_{jt} r_j\right] = \text{minim} \tag{3.35}$$

în care: Z_t reprezintă cheltuielile totale ocazionate de dezvoltarea unui sistem. C_t — cheltuieli de muncă; I_t — investiții necesare dezvoltării; r_k, r_g, r_j — normative de eficiență pentru investiții (I_t); pentru utilizarea resurselor (q_{gt}) și pentru utilizarea mijloacelor de producție (q_{jt}) folosite la dezvoltarea producției.

● *Modelul maghiar* de prognoză elaborat pentru un orizont de circa 20 ani operează cu relații distincte la nivelul întreprinderilor ramurilor și economiei țării. El permite corelarea producției cu repartiția luînd în considerație importul și exportul de produse. Modelul matematic de ramură cuprinde următoarele tipuri de relații:

$$\sum_{j=1}^{n} p_{ij} x_{ij} = \text{maxim}; \quad \sum_{j=1}^{n} A_{ij} x_{ij} = g_i^A; \quad \sum_{j=1}^{n} B_{ij} x_{ij} = g_i^B;$$

$$\sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij} = \sum_{j=1}^{n} g^c; \quad x_{ij} \geqslant 0 \tag{3.36}$$

în care: x_{ij} este programul de producție; p_{ij} — coeficienții de producție; A; B; C; — parametrii proceselor din cadrul ramurii; g_i^A; g_i^B; g_i^C — vectorii care delimitează sectoarele supuse prognozei.

Scanned with OKEN Scanner

● *Modelul matematic de prognoză aplicat în R. S. Cehoslovacă* are forma:

$$Y_t = a \cdot F_t^z \cdot P_t^{(1-z)} \tag{3.37}$$

în care: Y_t este venitul național în perioada (t); F_t — fondurile fixe în perioada (t); P_t — forța de muncă în perioada (t); a — constantă primară; Z — parametrul principal al funcției de eficiență.

Pe baza experienței aplicării acestui model specialiștii au conceput un model matematic liniar care cuprinde dezvoltarea întregii economii cehoslovace pe baza modelelor pseudodinamice. Modelul are caracter multiperiodic și se extinde pe un deceniu cu intervale variind între 1 și 5 ani.

● *Modelul polonez „Katowice"* operează cu următoarele relații:

$$\left.\begin{aligned}
I_t &= a_{11}Y_t + a_{12}I_{t-1} + a_{13}W_t^{(1)} + a_{10}W_t^{(2)} + a_1 + E_{1t} \\
Y_t &= a_{21}Y_{t-1} + a_{22}I_{t-1} + a_{23}(F_t - F_{t-1}) + a_2 + E_{2t} \\
F_t &= a_{51}F_{t-1} + a_{52}t + a_5 + E_{5t} \\
V_t &= a_{41}t + a_4 + E_{4t} \\
Z_t &= a_{61}Z_{t-1} + a_{62}I_{t-1} + a_{63}V_t + a_6 + E_{6t} \\
G_t &= a_{71}C_t + a_{72}Z_t + a_{73}W_t^{(3)} + a_7 + E_{7t} \\
U_t &= 1 - a_{41}t - a_4 - E_{4t}
\end{aligned}\right\} \tag{3.38}$$

Mărimile care intervin în cadrul acestui model au următoarea semnificație: I_t reprezintă investițiile productive; Y_t — venitul național; F_t — forța de muncă; V_t — venitul național al ramurilor neagricole; Z_t — productivitatea muncii sociale; G_t — fondurile de retribuție pe cap de angajat; U_t — partea agriculturii și silviculturii în venitul național; W_t — variabilele care arată schimbările în politica de investiții și în retribuția muncii; C_t — costul vieții; t — orizontul de prognoză.

● *Modelul de prognoză monoproduct* elaborat în țara noastră operează cu relații de forma:

$$\begin{aligned}
&I_t = f_I(V, rF); \quad I_p = f_p(I, a); \quad F = f_f(I_p) \\
&Y_t = f_y(F); \quad V = f_v(Y); \quad B = f_b(V, K); \\
&C = f_0(B, I, a); \quad g = f_g(K, m)
\end{aligned} \tag{3.39}$$

în care: I_t sînt investițiile totale; I_p — investițiile pentru fondurile fixe productive; r — rata investițiilor; F — fondurile fixe productive; $a = (I_p/I)$; Y — venitul național; B — fondul de consum; K — rata acumulărilor; m — acumularea pentru sporirea mijloacelor circulare; C — resursele totale; $f_I, f_p, f_f, f_y, f_v, f_b, f_c, f_g$, — funcții optionale; g — funcția mijloacelor circulante.

Pe baza modelului (3.39) s-a conceput un *model bifactorial* cu posibilități de particularizare la nivelul industriei, agriculturii, transporturilor și circulației mărfurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Modelul dinamic al reproducției lărgite a capacității de producție operează cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned}(1-a_{11})x_1 + a_{12}x_2 - b_{11}\frac{dx_1}{dt} - b_{12}\frac{dx_2}{dt} &= Z_1(0)\cdot e^{d_1}\\ -a_{21}x_1 + (1-a_{22})x_2 - b_{12}\frac{dx_1}{dt} - b_{22}\frac{dx_2}{dt} &= Z_2(0)e^{d_2}\end{aligned}\right\} \quad (3.40)$$

Soluția sistemului de ecuații (3.40) se poate scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned}x_1 &= c_1k_{11}e^{a_1t} + c_2k_{12}e^{a_2t} + k_1e^{d_1t}\\ x_2 &= c_2k_{21}e^{a_2t} + c_1k_{22}e^{a_1t} + k_2e^{d_2t}\end{aligned}\right\} \quad (3.41)$$

în care: $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ sînt consumurile specifice directe; $b_{11}, b_{12}, b_{21}, b_{22}$ — consumurile de utilaje în ramurile cars concură la dezvoltarea unui produs; x_1, x_2 — variabilele pe orizontul de prognoză (t); $Z_1(0)$; $Z_2(0)$ — consumul propriu al ramurilor; k_{11}, k_{12}, k_{21}, k_{22} — constante de integrare.

Schema logică pentru studiul prognozei unui sistem oarecare se poate urmări pe fig. 3.1 Schema cuprinde tehnica ajustării seriilor dinamice, tehnica comparării modelelor de prognoză și tehnica alegerii tendinței de dezvoltare a unui sistem pe bază criteriului de decizie impus.

Din examinarea modelelor de prognoză prezentate rezultă că simularea este posibilă la diverse nivele de dezvoltare a sistemelor industriale, și pe baza acesteia, specialiștii își pot formula puncte de vedere asupra viitorului posibil al dezvoltării producției. Calculatoarele înlesnesc compararea diverselor metode și modele la nivelul rezultatelor de calcul și adîncirea sferei de investigație pe baza unor modele matematice de prognoză care îmbracă cît mai fidel evoluția în perspectivă a fenomenelor. Conducerea sistemelor industriale trebuie să aibă în vedere extinderea mai ales în probleme de prognoză a dialogului „om—mașină" cu scopul folosirii raționale a resurselor materiale și umane la toate nivelele de decizie și execuție.

Implementarea calculatoarelor la nivelul întreprinderilor va crea posibilitatea elaborării prognozelor pe termen scurt și lung și va permite fundamentarea planificării cu date cît mai apropiate de evoluția fenomenlor reale.

3.1.3. Modele de prognoză la nivelul sistemelor de energie

Prognoza sistemelor industriale se poate stabili pe baza dezvoltării spre dreapta a matricei care cuprinde procesele tehnico-economice din structura producției. Această dezvoltare spre dreapta se face prin extinderea fiecărei linii ce redă prognoza pe termen scurt a fiecărui proces pe baza extrapolării seriilor dinamice. Pentru prognozele pe termen lung se dezvoltă fiecare coloană a matricei de bază în corelație cu toate elementele procesului de producție analizat. Metodele pentru determinarea prognozei la nivelul sistemelor industriale discrete și continue se pot împărți în două clase și anume metode econometrice care operează cu corelații simple și multiple și metode analitice directe și de balanță.

Dezvoltarea consumului de energie, respectiv a producției de energie (producția de energie electrică și termică este quasisimultană cu consumul) se

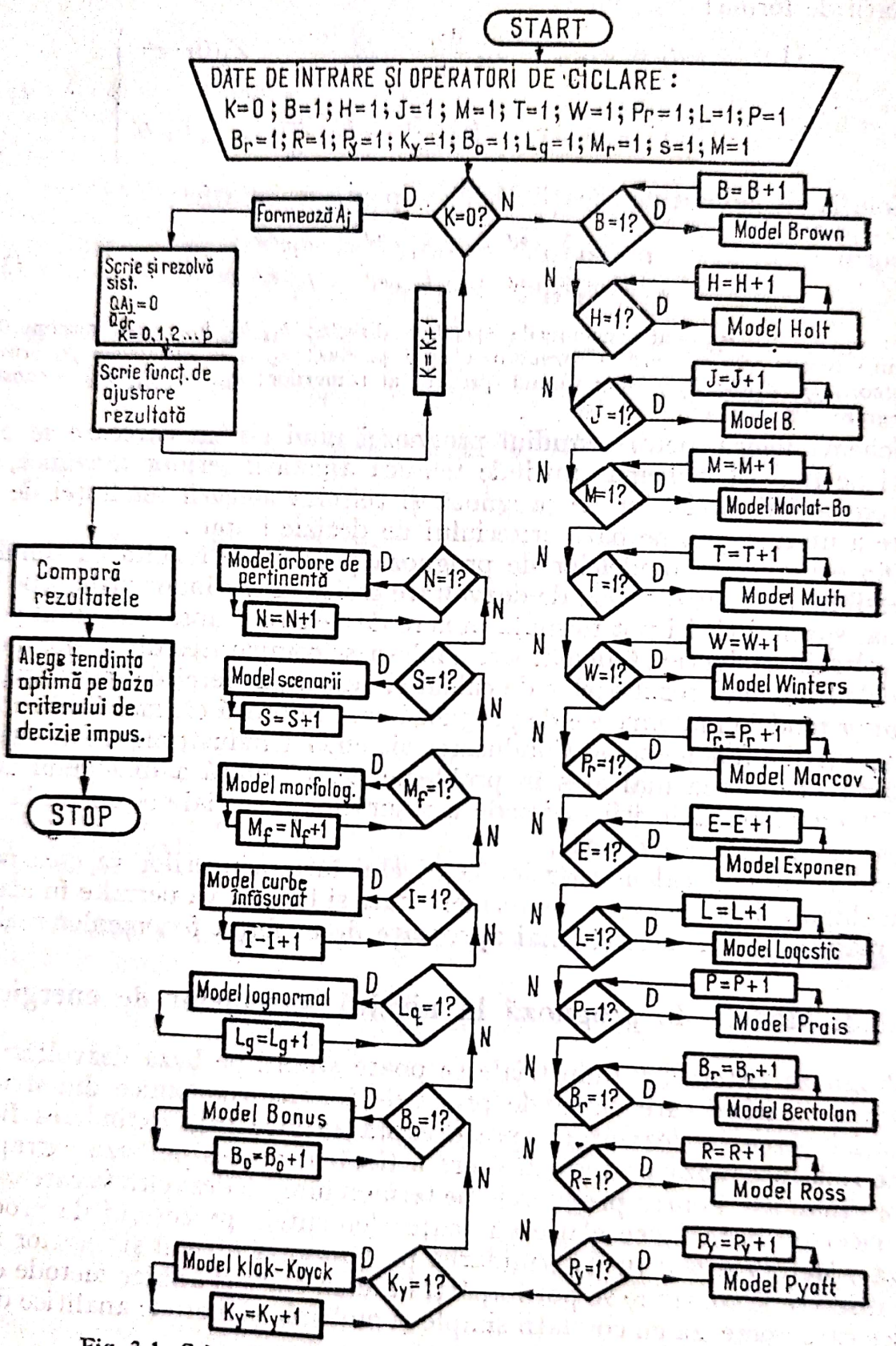


Fig. 3.1. Schemă logică pentru studiul modelelor de prognoză.

Scanned with OKEN Scanner

realizează la nivelul sistemelor industriale cu structură continuă urmărindu-se minimizarea cheltuielilor totale de forma:

$$\left.\begin{aligned} &Z_t^{d(pr)} = b_{ac}[C_t^{d(pr)} + I_t^{d(pr)}] = b_{ac}[p_c^e E_p^{d(pr)} + i_{sp} P_p^{d(pr)}] = \text{minim} \\ &E_p^v \geqslant E_c^v; \quad P_p^v \geqslant P_c^v; \quad I_{tr}^v \leqslant I_{tp}^v; \quad A_{vr}^v \geqslant A_{vp}^v; \quad t_r^v \leqslant t_p^v \end{aligned}\right\} \quad (3.42)$$

În modelul (3.42) intervin următoarele mărimi: p_c^e este costul energiei; $E_p^{d(pr)}$ — energia ce trebuie produsă în condiții deterministe sau probabiliste la sfîrșitul orizontului de prognoză; b_{ac} — binom de actualizare; i_{sp} — investiția specifică; $P_p^{d(pr)}$ — puterea prognozată care trebuie asigurată la nivelul consumatorilor în condiții deterministe (d) sau probabiliste (pr) de consum. Puterile și energiile trebuie să acopere cererile la vîrful sistemului energetic și să creeze o rezervă necesară asigurării calității energiei preluată de consumator; C_t și I_t — cheltuielile și investițiile totale; E_p^v; E_c^v — energiile produse (E_p) și consumate (E_c) la vîrful de consum (v); P_p^v; P_c^v — puterile produse (P_p) și consumate (P_c) la vîrful (v) de sarcină; I_{tr}^v I_{tp}^v — investițiile realizate (I_{tr}) și planificate (I_{tp}); A_{vr}^v; A_{vp}^v — aportul de valută realizat (A_{vr}^v) și planificat (A_{vp}^v); t_r^v și t_p^v — timpul de realizare al acțiunilor (t_r) și timpul planificat (t_p).

Aportul de valută se calculează pentru produsele care fac obiectul unui schimb internațional. El se determină făcînd raportul dintre valoarea producției (V_p) diminuată cu valoarea materiilor prime, a materialelor și a combustibilului ($m_p + c_t$) exportabilă (sau care trebuie importate) și investițiile (I_t) ce se fac pentru dezvoltarea unei capacități de producție.

Dintre modelele globale și sintetice cu care operează extrapolarea analitică și fenomenologică au o largă răspîndire următoarele:

$$E_t = E_0(1 + r_t)^t p_r; \quad E_t = (ax^\alpha + b)\, p_r; \quad E_t = (aX + b)\, c^t p_r \quad (3.43)$$

în care: E_0 este producția în anul de bază; r — ritmul mediu de dezvoltare a consumului de energie în anul de referință; p_r — probabilitatea realizării consumurilor predeterminate; $a,b,c,$ și α — constante ale procesului determinate din postidicție; X — indicator economic sintetic care condiționează dezvoltarea producției de energie (E_t); t — orizontul prognozei.

Alte tipuri de modele aplicate la determinarea consumului de energie se pot scrie astfel:

$$E_{t_1} = a_t \cdot X_{t_1}^b Y_{t_1}^c p_r; \quad E_r = (AE_{r-1} + Br_t + c)\, p_r; \quad E_r = E_{r-1} e^\beta p_r \quad (3.44)$$

în care: E_{t_1}; E_r sînt consumurile de energie în anii (t_1) respectiv (r); E_{r-1} — consumul de energie în anul $(r-1)$; X_t — indicatorul producției globale; Y_t — indicatorul costurilor; $a,b,c,$; $A,B,C,$ sînt constante ale procesului de dezvoltare.

La calculul consumului de energie și puterii cerute la vîrf se folosesc de asemenea modele matematice de forma:

$$\left.\begin{aligned} &E_{ts} = E_0(1 + c_n \cdot 10^{-2})^t \cdot p_r; \quad E_{te} = E_0\left[\frac{X_t - X_0}{X_0} C_e + 1\right] p_r \\ &E_t = (a + bP_g + cP_g^t)\, p_r; \quad E_t = (aP_g \cdot F_m^{-b})^{1/\alpha} \cdot p_r \\ &E_t = (KP_g \cdot F_m^{1-\alpha}) p_r; \quad E_t = L \cdot P_g P_m^{(\alpha-1)} p_r \\ &P_t = \left(\frac{r_p}{100} + 1\right) P_v = \left(\frac{r_p + 100}{100}\right)(aE_v + b + e_t) \end{aligned}\right\} \quad (3.45)$$

în care: $c_n = r_t$; x_t; x_0 sînt factorii de influență la nivelul anilor respectivi; C_e — coeficient de elasticitate; Pg — producția globală; F_m — forța de muncă; P_m — productivitatea muncii; P_t — puterea instalată; P_v — puterea la vîrf; r_p — rezerva; a,b,c — coeficienți ai procesului estimați pe baza datelor din producție; E_v — energia necesară la vîrful de consum; e_t — eroarea.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se introduc mărimile din modelele (3.43) și (3.45) în modelul (3.42) și acesta din urmă se multiplică cu un coeficient de decizie (k_t) și cu probabilitatea de realizare (p_k) a cheltuielilor $Z_t^{d(pr)}$ se obține funcția de sinteză $F_s^{d(pr)}$ care dictează alegerea variantei optime de dezvoltare în perspectivă a consumului, respectiv a producției de energie electrică. Schema logică de calcul a prognozei optime se dă în fig. 3.2.

Pe baza acestor modele s-a estimat consumul de energie electrică pe plan mondial la nivelul anului 2000 la circa (30—31) 10^3 TWh, iar cel de energie primară la circa (25—26) $\cdot 10^9$ t.c.c. Producția de energie a S.U.A. s-a estimat la 2319 TWh în 1975; la 4513 TWh în 1985 și 9036 TWh în anul 2000. Producția de energie în U.R.S.S. va fi de peste 3000 TWh în 1980; în România dinamica arată astfel: în 1975, $E_p = 61$ TWh; în 1980 producția va fi de 75—80 TWh.

Din cele prezentate se pot desprinde trei categorii de modele și anume: modele matematice bazate pe explorarea seriilor dinamice; modele matematice bazate pe corelații multiple, și modele matematice bazate pe cei mai importanți indicatori tehnico-economici ai ramurilor, respectiv ai economiei naționale. Regula dublării producției de energie la fiecare zece ani se poate regăsi cu ajutorul unor modele generale de forma:

$$\left.\begin{aligned} &\text{a)}\ E_{tg} = e^{(a+bt+ct^2+dt^3)} \\ &\text{b)}\ E_{ts} = e^{a+bt+ct^2};\quad \text{c)}\ E_{ts} = e^{a+bt} \end{aligned}\right\} \qquad (3.46)$$

Modelele de prognoză bazate pe explorarea seriilor dinamice se construiesc aplicînd fie metoda mediilor mobile, fie metoda netezirii exponențiale la prelucrarea datelor din trecut care apoi se proiectează spre viitor. Pentru a elimina efectele parazite de tipul Yule-Slutzki care apar la ajustarea seriei dinamice (3.46 a) cu metoda mediilor mobile, se preferă metoda netezirii exponențiale aplicate pe modele simple de forma (3.46 c). Acest model (3.46 c) dă rezultate satisfăcătoare pentru serii dinamice cu circa 130 de termeni.

Modelele matematice ale corelațiilor aplicate la stabilirea consumurilor de energie la nivelul anilor (1985—1990) pentru țări cu structură industrială în evoluție asemănătoare celei din țara noastră, au forma [58, 112]:

$$\left.\begin{aligned} E_t &= 57{,}82 - 2{,}147\,t + 0{,}358\,t^2 \\ E_s &= 847{,}8 - 15{,}96\ \mathrm{t} + 3{,}996\,t^2 \end{aligned}\right\} \qquad (3.47)$$

în care: t este orizontul prognozei; E_t — consumul total; E_s — consumul pe cap de locuitor.

Modelele matematice care conțin în structura lor corelații între consumul de energie (ritmuri de creștere sau valori absolute) și indicatori de bază ai ramurii, respectiv întreprinderii industriale se pot scrie sub următoarele forme [55, 59]:

a) *Corelația consumului de energie cu producția globală*;

$$\left.\begin{aligned} E_t^{(t)} &= (a_1 + b_1 P_g^{(t)});\quad E_t^{(c)} = (a_2 + b_2 P_g^{(c)}) \\ E_t^{(s)} &= (a_3 + b_3 P_g^{(s)});\quad E_t^{(r)} = (a_4 + b_4 P_g^{(r)}) \end{aligned}\right\} \qquad (3.48)$$

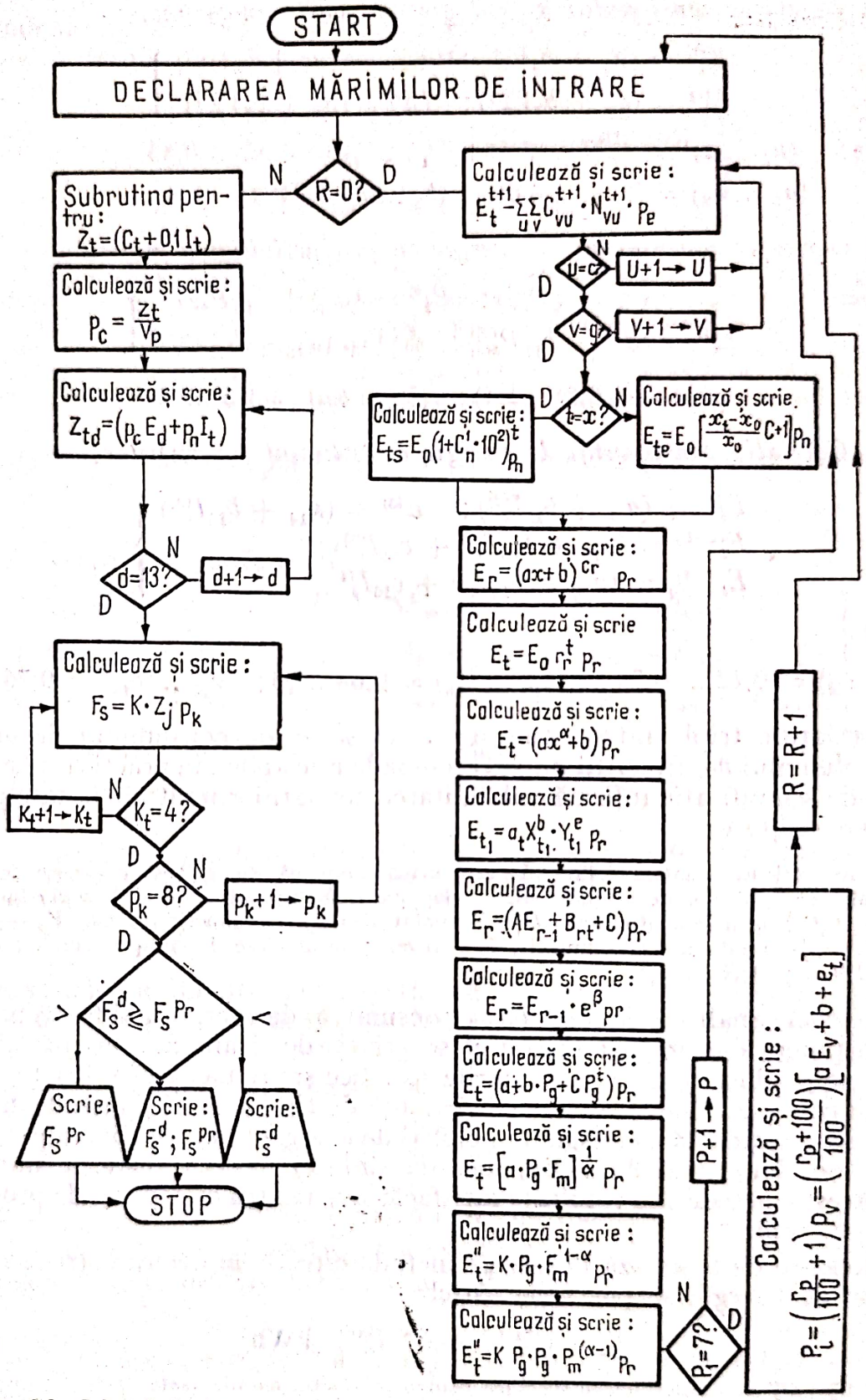


Fig. 3.2. Schemă logică pentru determinarea prognozei consumului de energie.

Scanned with OKEN Scanner

b) *Corelația consumului de energie cu venitul național:*

$$\left.\begin{aligned} E_t^{(t)} &= (a_5 + b_5 V_n^{(t)}); \quad E_t^{(c)} = (a_6 + b_6 V_n^{(c)}) \\ E_t^{(s)} &= (a_7 + b_7 V_n^{(s)}); \quad E_t^{(r)} = (a_8 + b_8 V_n^{(r)}) \end{aligned}\right\} \tag{3.49}$$

în care: $(a_1 \dots a_4) = 4{,}77 \dots 5{,}56$; $(b_1 \dots b_4) = 0{,}52 \dots 0{,}83$.

$(a_5 \dots a_8) = 0{,}12 \dots 0{,}66$; $(b_5 \dots b_8) = 0{,}9 \dots 1{,}8$

c) *Corelația consumului de energie cu productivitiatea muncii:*

$$\left.\begin{aligned} E_t^{(t)} &= (a_9 + b_9 P_m^{(t)}); \quad E_t^{(c)} = (a_{10} + b_{10} P_m^{(c)}) \\ E_t^{(s)} &= (a_{11} + b_{11} P_m^{(s)}); \quad E_t^{(r)} = (a_{12} + b_{12} P_m^{(r)}) \end{aligned}\right\} \tag{3.50}$$

în care: $(a_9 \dots a_{12}) = -(0{,}58 \dots 2{,}4)$; $(b_9 \dots b_{12}) = 1{,}6 \dots 2{,}8$.

d) *Corelația consumului de energie cu volumul investițiilor:*

$$\left.\begin{aligned} E_t^{(2)} &= (a_{13} + b_{13} I_i^{(2)}); \quad E^{(3)} = (a_{14} + b_{14} I_i^{(3)}) \\ E_t^{(2-3)} &= (a_{15} + b_{15} I_t^{(2)} + c_{15} I_i^{(3)}); \\ E_t^{(3-4)}) &= (a_{16} + b_{16} I_i^{(3)} + c_{16} I_i^{(4)}) \end{aligned}\right\} \tag{3.51}$$

în care:

$(a_{13} \dots a_{16}) = 0{,}22 \dots 0{,}74$; $(b_{13} \dots b_{16}) = 0{,}68 \dots 1{,}5$; $c_{15} \dots c_{16}) = 0{,}76 \dots 0{,}79$

Corelațiile triple între ritmurile de creștere ale consumului de energie și ale volumului de investiții nu se recomnadă a se aplica în practică, pentru că testele de semnificație infirmă valabilitatea corelațiilor multiple bazate pe ritmuri de creștere.

În modelele matematice (3.48) (3.51) apar următoarele mărimi: $E_t^{(t)}$ este consumul de energe la nivelul tuturor țărilor de pe glob; $E_t^{(c)}$ — la nivelul țărilor capitaliste $E_t^{(c)}$; la nivelul țărilor socialiste $E_t^{(s)}$ și la nivelul României $E_t^{(r)}$. S-a notat apoi P_g — producția globală; V_n — venitul național; P_m — productivitatea muncii; I_t — investițiile decalate în timp cu un an $I_i^{(1)}$, cu doi ani $I_i^{(2)}$ și cu trei ani $I_i^{(3)}$.

Metodele analitice de prognoză a consumului de energie mai frecvent aplicate în practică se împart în trei clase principale și anume: metode directe bazate pe produsul dintre consumurile specifice și producția efectivă (nominalizată și nenominalizată); metode de balanță de tip Leontief și metode de comparare internațională a consumului global de energie (metoda constantei intervalelor de timp; metoda Felix, metoda sintezei internaționale a statisticii etc.). Aceste metode dau rezultate satisfăcătoare pentru orizonturi de prognoză de (3—5) ani.

Modelele de prognoză bazate pe metode directe de determinare a consumurilor de energie se pot scrie astfel:

$$E_t = (C_s^n P_t^n + C_s^{nn} P_t^{nn}) \text{ [kWh]} \tag{3.52}$$

în care: C_s^n ; C_s^{nn} sînt consumurile specifice pentru producția nominalizată (P_t^n) și pentru producția nenominalizată (P_t^{nn}). Producția nenominalizată se exprimă valoric pe cînd consumul specific C_s^{nn} se dă în (kWh/unitate valorică).

Scanned with OKEN Scanner

Modelul matematic al balanței energetice la nivelul ramurii energiei electrice și termice se poate scrie astfel:

$$\left.\begin{aligned} Z_t &= \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m p^e_{ijklm} E^p_{ijklm} = \text{minim} \\ E^v_p &\geqslant E^v_t;\ C^v_l \geqslant E^v_c;\ E^v_p \leqslant P^v_d t_f;\ E_{exp} \cdot d > D_p \end{aligned}\right\} \quad (3.53)$$

în care: P^e_{ijklm} este costul energiei produse de sursa (i) distribuită la consumatorii (j) prin lanțurile energetice (k) și folosită pentru diverse utilități (l) cînd sursele consumă energia primară(m); E^p_{ijklm} — producția de energie; E^v_p, E^v_c — producția și consumul de energie la vîrf; C^v_l — capacitate a lanțurilor energetice dela transport; P^v_d — puterea disponibilă a centralelor din sistem; t_f — timpul de funcționare; E_{exp} — energia exportată; d — devizele în valută obținute pentru un kWh; D_p — devizele în valută planificate a se realiza prin export de energie.

Balanțele de energie pot fi închise (i) și deschise (d). Ele se stabilesc cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} &E_p = E_c + \Delta E;\quad E_{pd} \neq E_0 + \Delta E \\ &\Delta E = \Delta E^r_{cpt} + \Delta E^c_{cpt};\quad E_t = E_c + \Delta E^r_{cpt};\quad E_p = E_t + \Delta E^c_{cpt} \\ &E_{p_0} = P_d t_f;\quad E_{t_0} = E_{p_0} + E_{import};\quad E_{c_0} = E_{p_0} + E_{imp} - E_{exp} \\ &E_{p_1} = E_{p_0} - \Delta E^c_{cpt};\quad E_{t_1} = E_{p_1} + E_{import};\quad E_{c_1} = E_{p_1} + E_{imp} - E_{exp} \\ &E_{p_r} = E_{p_0} - \Delta E^c_{cpt} - \Delta E^r_{cpt};\quad E_{t_2} = E_{p_2} + E_{import}; \\ &E_{c_2} = E_{p_2} + E_{imp} - E_{exp} \end{aligned}\right\} \quad (3.54)$$

în care: E_{p_i}; E_{pd} sînt energiile în balanțele închise și deschise. Se preferă cele închise pentru că redau corelația dintre producția (E_p) și consumul real de energie (E_c); ΔE — pierderile în rețele $(\Delta E)^r_{cpt}$ și consumul propriu al centralelor (ΔE^c_{cp}) din sistem; $E_{p_0(1)(2)}$ — energiile la producere (0), la nivelul rețelelor (1) și la consumator (2).

Balanțele sau bilanțurile energetice se întocmesc pe forme de energii consumate și produse la nivelul agregatelor, la nivelul întreprinderilor, la nivelul ramurilor energiei electrice și termice și la nivelul economiei naționale.

Modelele de comparare internațională a consumului global de energie permit transferarea experienței acumulate de unele țări asupra altora la care se elaborează prognoza. Conținutul acestor metode și modul lor de aplicare se poate urmări în literatură [55].

Concepția de dezvoltare a sistemului electroenergetic în perspectivă se poate urmări pe fig. 3.3 Modelul matematic al dezvoltării centralelor termo- și hidroelectrice în perspectivă are următoarea formă:

$$Z^{\text{CTH}}_i = \sum_i \left[\sum_m p_m i_m P_m n_{sm}(c_{fm} + 1)_i + \sum_p (p_k c_k + r_k i_k)_i \cdot n_{sn_i} t^v_{m_i} \cdot A_i\right](1 + p_n)^{-i}$$

$$A_i = \sum_m K^v_m (a_m n_g + b_m n_{tm} \cdot P_m)_i \quad (3.55)$$

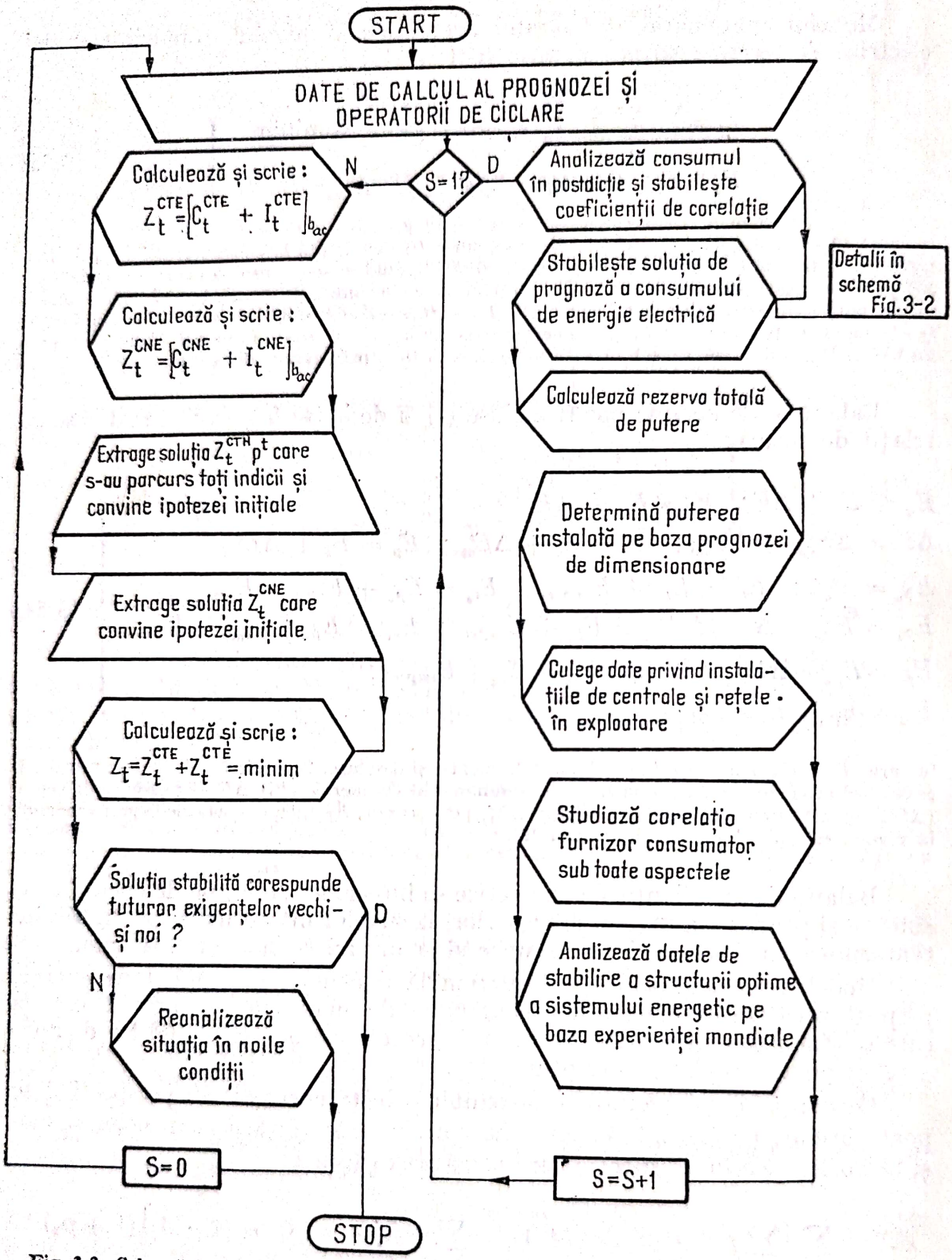


Fig. 3.3. Schemă logică pentru studiul dezvoltării în perspectivă a unui sistem energetic.

Scanned with OKEN Scanner

Restricțiile tehnologice și funcționale au forma:

$$\left.\begin{aligned}
&\text{a)}\ \sum_m (1 - e_m)\, K_d \cdot P_m \cdot n_{sm} \geqslant (P_{ed} + P_{rez})^{an} \quad [\text{GW}] \\
&\text{b)}\ \sum_m (1 - e_m)\, n_{tm}^p P_m n_{sm} t_m^p = E_t^p \quad [\text{GWh}] \\
&\text{c)}\ \sum_m (1 - e_m)\, n_{t_m}^{\text{minim}} \cdot P_m n_{sm} \geqslant (P_t)_{\text{minim}} \quad [\text{GW}] \\
&\text{d)}\ \sum_m \sum_t K_m^t (a_m n_g + b_m n_m^t P_m)\, n_{sm} t_m^t \gtrless B_t \quad (10^3\text{t c.c.}) \\
&\text{e)}\ 0 < n_{s_m} \leqslant 1; \quad n_{t_m}^{\text{minim}} < n_m^t \leqslant K_d
\end{aligned}\right\} \qquad (3.56)$$

Restricția (3.56 b) se scrie atît pentru centralele termoelectrice cît și pentru centralele hidroelectrice care formează structura de viitor a sistemului energetic.

Pentru studierea structurii previzionale a centralelor nucleare în cadrul unui sistem energetic se utilizează un model matematic de forma:

$$Z_t^{\text{CNE}} = \sum_i \{p_{\text{CNE}}^u t_f^{\text{CNE}} n_{\text{CNE}} [C_A^{\circ} - r(C_A - C_B)]_i + \\ + P_{\text{CNE}} n [i_A - r(i_A - i_B)]_i\} [1 + p_n]^{-i} = \text{minim} \qquad (3.57)$$

În modelele (3.55) — (3.57) intervin următoarele mărimi: p_m este parametrul de variație a investiției specifice (i_m) pentru categoria (m) de centrale electrice; P_m este puterea în GW a centralelor prognozate; n_{sm} — necunoscuta strategică care indică cota de putere ce trebuie instalată în sistem pe orizontul de prognoză; c_{fm} — coeficient pentru stabilirea cheltuielilor cu amortizarea, reparațiile, retribuirea forței de muncă și pentru determinarea cheltuielilor generale drept cote din investiții; p_k — parametrii de variație a costului unitar (c_k) (10^3 lei/tc.c.) al combustibilului; r_k — parametru de variație al investițiilor miniere ($i_k = 10^3$ lei/tc.c. an) k — coeficient de înrăutățire a consumului de combustibil pe intervalul (t_m^p) cînd se mătură palierul (p) al curbei de sarcină. a — consumurile de mers în gol al grupurilor (n) (10^3tc.c./h) b — consumurile specifice suplimentare (tc.c./MWh); m — necunoscute tactice care exprimă gradul de încărcare a agregatelor (ng) în intervalul (t_m^p); e_m — consumul pentru serviciile interne ale centralelor electrice; k_d — coeficientul puterii efectiv disponibile iarna; P_{ed} — puterea efectiv disponibilă în luna dec; P_{rez} — puterea în rezervă; P_{min}^E — puterea minimului tehnic; B_i — cantitatea de combustibil; E_f^p — energia electrică pe care trebuie să o producă centralele noi din sistem; P_{CNE} — puterea centralelor nucleare-electrice; n — numărul centralelor; t_f^{CNE} — timpul de funcționare; C_A; C_B sînt cheltuielile anuale pentru centrale convertoare, (C_A) și reproducătoare (C_B); r — coeficient de penetrație al centralelor reproducătoare; i_A și i_B — investițiile specifice pentru centralele convertoare și pentru centralele reproducătoare.

3.1.4. Algoritmul optimizării rezervei de putere la nivelul unui sistem energetic

Pe măsura creșterii producției, siguranța prognozei consumului trebuie să fie mare, deoarece nu există condiții de stocare a energiei. Această situație reclamă precizarea structurii centralelor din sistem, a treptelor de putere și a rezervei în condiții probabiliste de funcționare a instalațiilor energetice. Modelele probabiliste de prognoză au schimbat la nivelul întregului sistem energetic atît modul de gîndire cît și metodele de lucru ale specialiștilor.

Scanned with OKEN Scanner

Practica a confirmat că o prognoză probabilistă îmbracă fidel fenomenele reale și stabilește riscurile de preluare a sarcinii la orele de vîrf ale sistemului energetic. Prognoza poate fi de dimensionare sau de planificare. Fiecare din aceste tipuri de prognoză poate prezenta riscul subdimensionării sau supradimensionării. Riscul de depășire prin prognoză a puterii cerute la consumator crește pe măsură ce intervalul de încredere (probabilitatea de calcul a valorii preliminate) se lărgește. Supradimensionarea prognozei duce la prevederea unor instalații care vor produce energie numai în viitor. Subdimensionarea prognozei presupune nesatisfacerea consumatorilor la momentul apariției lor. Practica arată că pagubele generate de o prognoză subdimensionată sînt mult mai mari decît în cazul prognozei supradimensionate.

Prognoza de dimensionare urmărește stabilirea treptelor de putere care să facă față cererii impuse de consumatori plus o rezervă suplimentară față de rezerva normală denumită rezervă de prognoză. *Prognoza de planificare* urmărește satisfacerea planului de livrare a energiei fără a fi capabilă să preia o variație probabilistă a sarcinii consumatorilor industriali și similari. Din aceste motive se preferă o dimensionare cît mai reală a instalațiilor, la care se adaugă rezerva de prognoză. Stabilirea variantei optime de extindere a capacităților de producere a energiei electrice la nivelul unui sistem energetic se face pe baza studierii rezervei de putere.

Dimensionarea unui sistem energetic pentru o etapă viitoare se bazează pe necesarul de energie și de putere din acea etapă, preliminate pe baza prevederilor de dezvoltare a economiei naționale. Cu ajutorul acestora se evaluează valoarea puterii instalate, în perspectivă, astfel încît necesarul de consum de energie electrică să poată fi acoperit, cu un grad de siguranță corespunzător.

Dimensionarea unui sistem energetic trebuie să ducă la o valoare economică a puterii instalate totale, abaterile de la această valoare conducînd la imposibilitatea alimentării unor consumatori conform cerințelor și deci la daune în economia națională sau, în celălalt caz, la investiții suplimentare nejustificate.

Puterea instalată în sistem, P_i, se află, față de necesarul maxim de putere P_{max} în relație de forma:

$$P_i = kP_{max}, \tag{3.58}$$

unde k reprezintă un factor supraunitar, care ține seama de rezerva globală de putere din sistem.

În condițiile țării noastre, puterea globală de rezervă este de 25 % din puterea instalată.

Datorită complexității tratării puterii de rezervă a sistemului energetic ca un tot unitar, în stadiul actual rezolvarea problemei se poate face secționînd această putere de rezervă pe categorii care se tratează separat.

Ca rezerve de putere sînt considerate următoarele categorii:

— rezerva de putere pentru acoperirea reducerilor temporare de putere;

— rezerva de putere pentru acoperirea reducerilor de putere la agregatele noi;

— rezerva de reglaj frecvență-putere de schimb (rezervă de sarcină);

— rezerva de putere necesară efectuării reparațiilor planificate;

Scanned with OKEN Scanner

— rezerva de putere pentru avarii:
— rezerva de balanță sau rezerva de plan.

Rezerva de putere pentru acoperirea reducerilor temporare de putere. Puterea nominală a agregatelor este afectată de o serie de factori cu acțiune temporară de care trebuie ținut seama și anume:

— variația nivelului apei la lacurile CHE cu acumulare;
— variația debitului apei la CHE pe firul apei;
— variația temperaturii și debitului apei de răcire la CTE;
— variația consumului cerut de consumatorii termici la CET;
— variația calității combustibililor.

Rezerva de putere pentru acoperirea reducerilor de putere la agregatele noi. P^r_{one}. Rezerva pentru reducerile continue de putere din primele luni de funcționare se calculează pe baza unor coeficienți de reducere a puterii instalate, diferențiați după tipul grupului, numărul de luni de la darea în exploatare și perioada care a trecut de la darea în exploatare a prototipului.

Pentru agregatele noi de CTE, se consideră pentru primele 4 luni de funcționare puterea disponibilă egală cu 50 % din P_{nom}, pentru următoarele trei luni 75 % din P_{nom}.

Pentru agregatele noi din CHE, se consideră pentru primele 2 luni de funcționare o putere disponibilă egală cu 50 % din P_{nom}, pentru următoarea lună 75 % din P_{nom}.

Avariile grupurilor noi se consideră cu o intensitate mărită față de grupurile mature la calculul rezervei de putere de avarie.

Rezerva de reglaj frecventă-putere de schimb (rezervă de sarcină) P^r_s. Rezerva de sarcină se calculează cu ajutorul formulei:

$$P^r_s = 0{,}071\sqrt{P_{max}},\ [P_{max} \text{ în GW}] \qquad (3.59)$$

În studiile de prespectivă se adoptă valori ale rezervei de sarcină de 2 % din P_{max}.

Rezerve de putere necesară efectuării repartițiilor planificate. (P^r_{sp}) Pe baza periodicității și duratei lucrărilor de reparații stabilite de regulamentul de exploatare a centralelor, în funcție de tipul, puterea unitară și combustibilul folosit în instalația respectivă se determină o valoare medie anuală a necesității de reparații aferente fiecărei instalații pe baza coeficienților din tabelul 20.

Pentru ansamblul sistemului este necesar să se ordoneze în așa fel efectuarea reparațiilor planificate, încît gradul de siguranță al acoperirii cererii de energie electrică să fie aproximativ constant.

În condițiile țării noastre, rezerva P^r_{rp} este între 7 și 8 % din P_{max}.

Rezerva de putere pentru avarii (P^r_a). Prevederea pentru un sistem energetic a rezervei de putere pentru avarii are drept scop acoperirea reducerilor de putere ca urmare a avarierii agregatelor.

Reducerea de putere ca urmare a avarierii agregatelor nu poate fi planificată, ea apare, în ceea ce privește mărimea, momentul și durata, după legi probabiliste. Momentul sau momentele apariției avariilor la un agregat, precum și duratele reparațiilor ca urmare a avariilor nu pot fi prevăzute cu exactitate, ci numai apreciate. Puterea avariată a unui sistem energetic depinde de

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 20

Coeficienții medii anuali de reparații planificate.

Tipul și puterea unitară a grupurilor	Combustibil	Coeficientul de reparații, %
CHE	—	4
CTE-300 MW	cărbune	11,7
CTE-300 MW	păcură	9,3
CTE-200 MW	cărbune	11,7
CTE-200 MW	păcură	9,3
CTE-200 MW	gaze	8,8
CTE-100 MW	cărbune	11,7
CTE-100 MW	gaze	8,8
CTE-150 MW	cărbune	10,9
CTE- 50 MW	cărbune	10,9
CTE- 50 MW	gaze	8,6
CET-100-125 MW	gaze + păcură	9,3
CET- 50 MW	cărbune	11,7
CET- 50 MW	gaze + păcură	9,3
CET- 25 MW	cărbune	10,9
CET- 25 MW	gaze + păcură	8
CDE + CTG	gaze + păcură	15

componența agregatelor și de viteza cu care se pot readuce agregatele avariate la starea dinainte de avarie (deci și de viteza de reparare a agregatelor).

Luînd ca bază comportarea din trecut a agregatelor pe o perioadă suficient de îndelungată, se pot deduce prin diverse metode mărimile referitoare la durata relativă a avariilor, și la frecvența avariilor.

Durata relativă a avariilor redă raportul între durata totală de timp în care un agregat a fost scos din funcțiune ca urmare a avariilor și durata totală de timp în care agregatul ar fi trebuit să se afle în stare aptă de funcționare la plină sarcină.

Frecvența avariilor redă raportul între numărul de avarii apărute în durata totală de timp în care agregatul ar fi trebuit să se afle în stare de funcționare și această durată de timp.

În stadiul actual, rezerva de putere pentru avarii se determină pe cale indirectă. Astfel se compară din punctul de vedere al avariilor variante de nivel de putere instalată (pentru anul examinat), care sînt înscrise în cadrul unor programe de dezvoltare a centralelor electrice și se determină rezerva căutată. Aceste variante, care conțin o parte comună în ce privește structura diverselor categorii de centrale, sînt diferențiate între ele în principal prin valoarea totală a puterii instalate, respectiv prin valoarea puterii de rezervă pentru avarii, rezultate după întocmirea balanței de puteri. Pentru fiecare

Scanned with OKEN Scanner

variantă în parte se determină, în conformitate cu metoda de calcul adoptată, indicatorii de siguranţă corespunzători asigurării cu energie electrică şi putere a consumatorilor. Prin calcule tehnico-economice se determină valoarea optimă a indicatorilor de siguranţă, respectiv valoarea corespunzătoare a rezervei de putere pentru avarii.

Modelul matematic de evaluare a rezervei de avarie elaborat de ISPE se bazează pe metoda binomului. Acest model poate fi aplicat relativ uşor, deoarece necesită date de bază statistice (din exploatare) mai puţine, mai uşor de obţinut.

Modelul matematic de evaluare a rezervei de avarie furnizează în principal următorii indicatori de siguranţă:

— energia medie probabilă, nelivrată;

— timpul mediu probabil de deficit;

— probabilitatea de a acoperi necesarul maxim de putere.

Se mai urmăreşte gradul de siguranţă exprimat cu raportul dintre energia medie probabilă asigurată consumatorilor şi energia necesară, deoarece aceasta permite o evaluare directă, cantitativă, exprimată valoric pentru neasigurarea cu energie electrică a consumatorilor.

Aplicarea acestui model este condiţionată de cunoaşterea următoarelor date de bază:

— structura pe grupuri a sistemului;

— mărimile statistice care caracterizează probabilistic funcţionarea fiecărui grup, respectiv probabilităţile de avariere;

— curba clasată de sarcină a sistemului în perioada de studiu.

Calculul indicatorilor de siguranţă se efectuează în două etape:

— în prima etapă, pe baza structurii sistemului şi a probabilităţilor de avariere a grupurilor, se determină funcţiile de distribuţie şi repartiţie a puterii avariate în sistem (considerată ca variabilă aleatorie);

— în a doua etapă, pe baza funcţiei de distribuţie şi a curbei clasate de sarcină se determină energia nelivrată şi timpul de deficit ca valori medii probabile.

Studiul influenţei rezervei de putere la vîrful de sarcină asupra economicităţii soluţiilor energetice se face cu funcţii de forma:

$$\left.\begin{aligned} Z_{t+\tau}^{\mathrm{CTH}} &= \sum_i [Z_{t_i}^{\mathrm{CTH}} + (1 + c_{fm})\,(P_{rt} - P_{rk})\,i_{sp}^{s}]_i\,[(1 + p_n)^{-i}] \\ Z_{t+\tau}^{\mathrm{CNE}} &= \sum_i [n_g P_g i_g (1 + c_{fg}) + p_c^{en} E_{pn} + c_{tg} n_g P_g t_f b_r (p_{cc} + \\ &\quad + p_n i_m)]_i\,[(1 + p_n)^{-i}] = \text{minim} \end{aligned}\right\} \qquad (3.60)$$

în care: P_{rt} şi P_{rk} sînt rezervele de putere în variantele care se compară; i_{sp} — investiţia specifică în sistem; n_g — numărul de grupuri avînd fiecare puterea P_g; i_g — investiţia specifică; i_m — investiţia minieră; c_{tg} — coeficientul cheltuielilor totale fără combustibil şi fără cheltuielile cu energia nelivrată; p_c^{en} — costul energiei nelivrate; E_{pn} — energia nelivrată datorită avariei; b_r — (10÷30) g c.c./kWh = diferenţa dintre consumul specific al grupurilor vechi şi al celor noi care le înlocuiesc; p_{cc} — preţul combustibilului.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza extremului minim al modelelor (3.60) rezultă rezerva optimă de putere necesară funcționării fără întrerupere a instalațiilor energetice care livrează energie de calitate consumatorilor din sistemul energetic considerat. Printre indicatorii tehnico-economici pentru funcționarea rațională a sistemelor energetice din punctul de vedere al rezervei de putere reținatenția: coeficienții de succes și insucces ai instalațiilor analizate și gradul de asigurare cu energie electrică a consumatorilor. Pentru determinarea acestor indicatori se aplică algoritmul Calabrese în varianta ISPE ținînd seama de următoarele ipoteze:

— fiecare grup se consideră în calcul cu întreaga sa putere, dacă funcționează normal și se ia în considerație cu putere nulă, dacă este avariat;

— grupurile luate în calcul se consideră funcționînd în paralel;

— toate agregatele se consideră conectate la aceeași bară fără a se evidenția legăturile dintre ele.

— Pentru determinarea probabilităților de succes și insucces se aplică de la caz la caz funcții de distribuție de variabilă discretă sau continuă și se stabilește cota de putere pe care o poate da un anasamblu de instalații la vîrful de sarcină a sistemului.

Gradul de asigurare cu energie a consumatorilor implică determinarea necesarului de energie electrică în luna sau anul considerat și stabilirea energiei nelivrate pe perioada studiată. Gradul de asigurare cu energie electrică se calculează cu relația:

$$g_{as} = \left(1 - \frac{E_i^{ne}}{E_{necesară}}\right) 100, \qquad (3.61)$$

unde: g_{as} este gradul de asigurare cu energie electrică; $E_{necesară}$ — necesarul de energie electrică în luna sau anul respectiv; E_i^{ne} — energia probabilă nelivrată în luna sau anul respectiv.

În condițiile țării noastre, valoarea optimă a acestui indicator este de (99,98—99,999).

Pentru un calcul de optimizare a rezervei de putere în sistem, sînt necesare date privind:

— numărul de grupuri existente sau în curs de instalație;

— numărul de categorii de agregate pe vîrstă și indisponibilitățile probabile;

— puterile unitare ale grupurilor luate în studiu;

— curbele clasate de sarcină, lunare sau anuale;

— puterile efectiv disponibile medii-lunare;

— puterea de rezervă necesară pentru efectuarea reparațiilor planificate și rezerva de sarcină;

— din valorile medii lunare ale puterii efectiv disponibile se scad rezervele lunare pentru reparațiile planificate și rezervele de sarcină, obținîndu-se suma dintre puterea produsă și rezerva de avarie;

— pentru fiecare variantă și fiecare lună a anului studiat se determină valorile tuturor categoriilor de putere considerate.

Calculul se face numai pentru luna decembrie, considerînd că rezultatele obținute sînt analoge și pentru celelalte luni (conform ipotezei privind repartizarea repațiilor planificate astfel încît să se obțină un grad de siguranță aproximativ constant în tot cursul anului).

Scanned with OKEN Scanner

Se alege un tip de grup cu o categorie de vîrstă, de o anumită putere, urmînd să se stabilească numărul optim de astfel de grupuri, în vederea asigurării rezervei de putere pentru compensarea avariilor din sistem. În această etapă se stabilesc variantele de nivel de putere instalată și de structură a acestei puteri care să respecte restricțiile principale impuse dezvoltării (diferențiate între ele prin valoarea rezervelor de putere pentru avarii).

Se fac apoi considerații asupra grupurilor care ar putea acoperi necesarul de putere produsă și rezerva de avarii și se trece la calculul indicilor de siguranță ai sistemului, pentru lunile decembrie și pentru restul anului.

Pentru fiecare număr curent de grupuri de o anumită putere cu care se asigură rezerva de putere de avarie, respectiv pentru fiecare variantă, se calculează, pe baza indicatorilor de siguranță rezultați, valoarea funcției de eficiență (după criteriul cheltuielilor totale minime), care cuprinde efectul mărimii puterii de rezervă. Această funcție de eficiență cuprinde:

— cheltuielile legate de puterea de rezervă și investițiile pentru această putere;

— cheltuielile pentru daunele datorate energiei nelivrate și investițiile de creștere a siguranței sistemului;

— cheltuielile de exploatare pentru îmbunătățirea consumului specific.

Se compară valorile funcțiilor de eficiență rezultate și se alege varianta optimă.

Pentru stabilirea balanței de puteri la nivelul unui sistem energetic se introduc următoarele notații pentru simbolurile din fig. 3.4,: P_i — puterea instalată în sistem; P^r_{one} — puterea de rezervă pentru acoperirea reducerilor continue la agregatele noi; P^r_{eind} — puterea de rezervă pentru acoperirea indisponibilităților permanente și a reducerilor temporare de putere; P_{ed} — — puterea efectiv disponibilă medie lunară; P^r_{rp} — puterea de rezervă pentru efectuarea reparațiilor planificate; P^r_s — puterea de rezervă pentru reglaj-frecvență-putere de schimb; P^r_a — puterea de rezervă pentru avarii; P_{cmax} — — puterea de consum maxim lunară.

Pentru trasarea diagramei din fig. 3.4 s-au folosit următoarele date:

$$\left.\begin{aligned} &P_i = 12\,870 \text{ MW}; \quad P_{emax} = 10\,120 \text{ MW};\\ &P_{ed} = 11\,968 \text{ MW}; \quad P^r_{one} + P^r_{eind} = 902 \text{ MW};\\ &P^r_{rp} = 733 \text{ MW}; \quad P^r_s = 225 \text{ MW pe lună};\\ &P^r_a = 990 \text{ MW}. \end{aligned}\right\} \tag{3.62}$$

Prin aplicarea modelelor de prognoză la studiul optimizării funcționării în perspectivă a unui sistem complex de energie au rezultat următoarele date: probabilitatea acoperirii cererii maxime de putere este de 85,6% pentru situația analizată; timpul de insucces a instalațiilor de producere, transport și distribuție în primul an de funcționare a sistemului este de 217 h în luna decembrie apoi scade și se cifrează la 14 h pe un orizont de prognoză de zece ani. Energia nelivrată într-un an este de 440 MWh, ceea ce reprezintă doar 0,71% din producția anuală la nivelul întregului sistem.

Scanned with OKEN Scanner

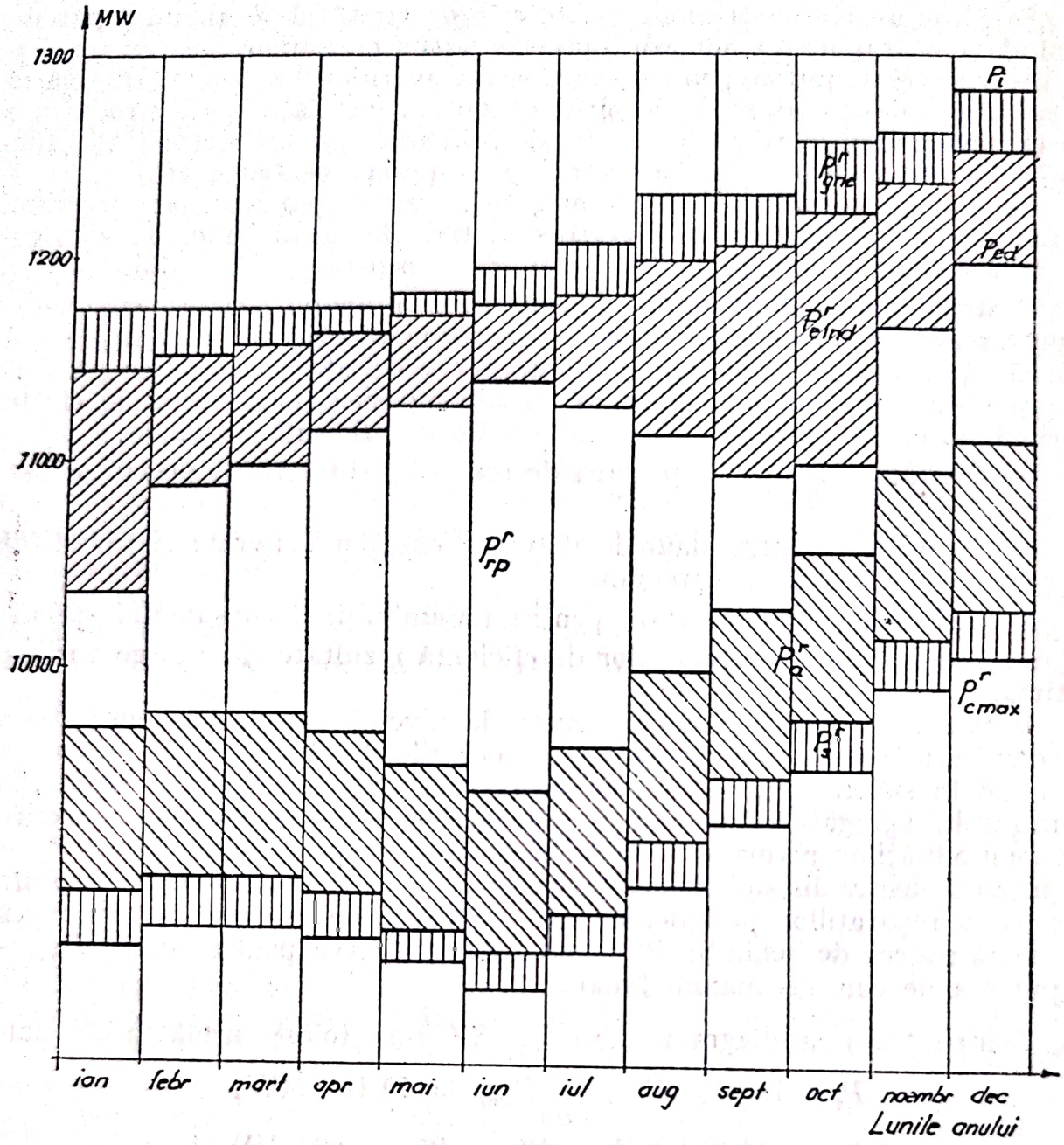


Fig. 3.4. Diagrama variației puterii în cursul unui an.

* * *

Modelele în teoria prognozei se aplică în maniera sistemică începînd cu dezvoltarea consumului de energie apoi se trece la dimensionarea instalațiilor de transport după care se stabilește nivelul de putere pentru acoperirea vîrfului maxim de sarcină. În vederea corelării eficiente a producției cu consumul de energie se studiază și se determină rezerva de putere la nivelul întregului sistem. Soluția de dezvoltare optimală a unui sistem de energie se determină pe baza minimizării cheltuielilor totale actualizate în condiții restrictive impuse sistemului de mediul înconjurător.

Scanned with OKEN Scanner

Exemple de calcul.

Exemplul 1. Pentru a indica modul de construire a funcțiilor de ajustare a tendinței unei serii dinamice se pleacă de la o relație de forma:

$$A_j = \sum_i (Y_i' - Y_i)^2 = (Y_i' - a_1 t - a_2 t^2 - \ldots - a_r t^r)^2$$

Derivînd în raport cu (a) și anulînd derivata rezultă:

$$\sum_i Y_i - n a_0 - a_1 \sum_i t_i - \ldots - a_r \sum_i t_i^r = 0$$

$$\sum_i t_i^r Y_i - a_0 \sum_i t_i - a_1 \sum_i t_i^2 - \ldots - a_r \sum_i t_i^{r+1} = 0$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\sum_i t_i Y_i - a_a \sum_i t_i^r - a_1 \sum_i t_i^{r+1} - \ldots - a_r \sum_i t_i^{r+r} = 0$$

Pentru a stabili valorile coeficienților $(a_0 \ldots a_r)$ se consideră următoarea serie dinamică:

Y_i	3,71	3,81	3,86	3,93	3,96	4,2	4,34	4,51	4,73	5,35	5,74	6,14	6,51
t_i	100	105	110	115	121	132	144	153	163	179	191	203	212

Y_i	6,98	7,44	7,76
t_i	226	237	251

Pentru $(r = 1)$ rezultă sistemul de ecuații:

a) $16\,a_0 + 2\,642\,a_1 = 82{,}97$ b) $Y_i = 0{,}66 + 0{,}027t$

$2\,642\,a_0 + 274\,757\,a_1 = 14\,736{,}19$

Pentru $(r = 2)$ rezultă sistemul de ecuații:

$16\,a_0 + 2\,642\,a_1 + 474\,050\,a_2 = 82{,}97$

$2\,642\,a_0 + 474\,050\,a_1 + 91\,244\,582\,a_2 = 47\,236{,}19$

$474\,050\,a_0 - 91\,244\,582\,a_2 - 18\,553\,164\,842\,a_3 = 2\,819\,904{,}45$

Soluția acestui sistem permite socrierea seriei ajustate sub forma:

$Y_i(t) = 3{,}551 - 0{,}009\,t + 0{,}0001\,t^2$

În cazul înlocuirii polinomului de ajustare printr-o funcție exponențială se folosesc relații de forma:

$Y_i = c \cdot 10^{bt_i}$ $Y_1 = \ln$ $Y = a + bt$; $a = \ln c$

Seria dinamică (Y_i) și transformata ei (Y_1) pentru difeverse valori ale lui (t_i) arată astfel:

t_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Y_i	100	127	171	233	323	452	654	918	1406	2150	2800	4140	5760	8250
Y_1	2	2,1	2,23	2,37	2,51	2,65	2,81	2,96	3,15	3,33	3,45	3,62	3,76	3,92

Scanned with OKEN Scanner

Sistemul de ecuații și soluția finală arată astfel:

$$14a + 105b = 40{,}85 \qquad a = 1{,}786$$

$$105a + 1015b = 341 \qquad b = 0{,}1514 \qquad c = 60{,}95$$

$$Y_t(t) = 60{,}95 \cdot 10^{0{,}1514t}$$

Exemplul 2. Întocmirea unui bilanț energetic la nivelul unei întreprinderi industriale se face cunoscînd următoarele:

— schemele de alimentare cu energie a întreprinderii;
— puterile consumatorilor (forță și lumină);
— curbele de sarcină pe trei luni caracteristice din an;
— caracteristicile cablurilor și ale transformatoarelor de putere din incinta uzinei;
— caracteristicile consumatorilor de căldură.

Pentru întocmirea bilanțului se predetermină:

— energiile care intră în uzina (t.c.c./an);
— pierderile de putere în cabluri, linii și posturi de transfromare;
— structura consumului la nivelul secțiilor productive și neproductive;
— numărul de zile echivalente de lucru ținînd seama de sărbători și de perioada de reparații a utilajului;
— structura bilanțului electroenergetic și a celui general.

Dintre cele patru tipuri de bilanțuri (reale, optime, normate și de proiect) se face calculul numai pentru un bilanț real exprimîndu-se toate formele de energie în echivalent combustibil convențional cu ajutorul coeficienților de transformare de forma:

Felul energiei	E E	E M	E M	E M	Căldură	Combustibil convențional
U.M	kWh	CPh	tfm	kgf	kcal	kgfcc
K_1	860	632,3	2,342	640	1	7000
K_2	0,123	0,0904	$334{,}9 \cdot 10^{-3}$	0,0915	$143 \cdot 10^{-6}$	1

Prin (EE) și (EM) s-a notat prescurtat denumirile energiei electrice și a energiei mecanice; K_1 și K_2 reprezintă coeficienții de transformare în echivalent căldură (kcal) și echivalent combustibil convențional pentru fiecare unitate a energiei de orice fel determinată la nivelul întreprinderii.

Pentru a determina ziua caracteristică în care se fac măsurători privind circulația de curenți și puteri în rețeaua electrică din uzină se procedează astfel:

— se însumează consumul zilnic pe durata unui an (E_t) și se determină numărul de zile echivalente (N_{ze});
— se împarte consumul anual (E_t) la (N_{ze}) și pe baza rezultatului se stabilește ziua cea mai potrivită pentru măsurări;
— relațiile mai importante de calcul ale mărimilor din structura unui bilanț energetic se pot scrie astfel:

$$E_t = \sum_k E_K = 13\,882\,400 \text{ kWh/an}; \qquad \frac{E_t}{N_{Ze}} = 41\,223 \text{ kWh}$$

$$N_{Ze} = (365 - Z_{\text{repaus}} - Z_{\text{reparații}}) + K \cdot (Z_{\text{repaus}} + Z_{\text{reparații}})$$

Dacă:

$$K = \frac{E_s}{E_e} = 0{,}89 \text{ și } (Z_{\text{repaus}} + Z_{\text{reparații}}) = 53 \text{ zile}$$

rezultă: $N_{Ze} = 332$ zile; E_s este energia anuală din zilele de sărbătoare; E_e — energia anuală în zilele de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile de energie electrică în bare, cabluri și posturi de transformare se determină cu relații de forma:

$$\Delta E_p = \left[24Rk_f^2 I_m^2 \cdot 10^{-3} + 24\left(P_0 + k_f^2 \frac{I^2 m}{I^2 n} P_{sc} + P_s\right)\right]$$

în care: R este rezistența barelor, respectiv a cablurilor; k_f — coeficientul de formă a curentului electric; I_m — curentul mediu ce străbate instalația; P_0, P_{sc} sînt puterile pierdute la mers în gol și scurtcircuit al transformatorului; I_n — curentul nominal; P_s — pierderile suplimentare care apar în transformatoare cu răcire forțată.

Mărimile (k_f) și (I_m) se determină astfel:

$$k_f = \left[\frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i^2\right]^{1/2} \Big/ \frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i$$

$$I_m = \frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24} I_i$$

în care: I_i reprezintă curenții orari citiți pe plecările care alimentează secțiile.

Pentru întocmirea bilanțului energetic la nivelul întreprinderii se consideră următoarele relații și date generale:

$$E_t = E_c + \Delta E_t$$

$$E_t = E_{CET} + E_E + E_{ct} + E_{pQ} = 22\,595 \text{ tc.c./an } (100\%)$$

în care: E_c este energia consumată; ΔE_t — pierderile de energie; E_{CET} = 1 435 tc.c./an (6,35%) abur de la centrala proprie; E_E = 5984 t.c.c./an (26,48%) energie electrică primită din afară; E_{ct} = 3.065 tc.c./an (13,56% combustibil tehnologic; E_{pQ} = 12 109 tc.c./an (53,59%) combustibil pentru producerea căldurii.

Pierderile de căldură și de energie electrică sînt în ordine de 27,48% și de 4,67%. Energia utilă consumată se cifrează la 67,83% împărțită pe trei categorii de consumatori și anume: căldura pentru procese tehnologice (46,03%); energie electrică pentru secțiile productive (21,7%) și iluminat (0,09%). Pentru a scoate în evidență eficiența economică a cercetării întreprinse cu ocazia realizării bilanțului energetic se calculează trei indicatori și anume: coeficientul de eficiență economică (p_n), termenul de recuperare (t_r) și efectul net (E_{net}). Considerînd că pe durata de viață a cercetării (D_v = 5 ani) nu se schimbă instalația energetică analizată atunci cei trei indicatori ai eficienței se calculează astfel:

$$p_n = \frac{E_{5\,ani}}{I_t}; \quad t_r = \frac{I_t}{B_{1an}}; \quad E_{net} = (E_{5\,ani} - I_t)$$

în care: $E_{5\,ani}$ reprezintă economiile estimate pe durata de viață a cercetării; I_t — investițiile sau costul cercetării; $E_{1\,an} = E_{5\,ani/5}$ — beneficiul estimat pe durata unui an.

Dacă $E_{5\,ani} = 8 \cdot 10^6$ lei; $I_t = 10^6$ lei și $E_{1\,an} = 1{,}6 \cdot 10^6$ lei/an rezultă $p_n = 8$ lei obținuți la un leu investiții; $t_r = 0{,}625$ ani; $E_{net} = 7 \cdot 10^6$ lei.

Exemplul 3. Pentru a determina necesarul de combustibil la nivelul anului 1980 se pleacă de la studierea balanței energetice din perioada (1960÷1970) cu următoarele structuri:

Mărimi 10^6 t.c.c.	1960	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Producție	34,3	47,6	50	53,5	55,7	58,5	61
Import	1	1,5	1,7	1,8	3,1	4,5	6,3
Export	0,2	0,3	7,7	7,2	7,7	6,9	7,1
Consum intern	35,1	48,8	44	48	51,1	56,1	60,2

Scanned with OKEN Scanner

Ritmul mediu anual de sporire a producției purtătorilor de energie primară a fost de 6,8% în perioada (1960÷1965) și de 5,6% în perioada 1965÷1970.

Se urmărește determinarea producției de energiei primară la nivelul anului 1980 cu ajutorul unui model matematic liniar și neliniar (parabolic).

Modelele matematice pentru stabilirea cantității de combustibil la nivelul anului 1980 se pot scrie sub forma:

$$\text{a)}\ E_l = a + bt_{1980}$$

$$\text{b)}\ E_{nl} = a + bt_{1980} + ct_{1980}^2$$

Pentru determinarea coeficienților (a și b) se scriu pentru modelul liniar (E_l) și cel neliniar (E_{nl}) relații de forma:

a) Modelul liniar:

$7a + 52b = 360{,}6$

$52a + 452b = 2855{,}2$

$E_l = 31{,}566 + 2{,}655t$

b) Modelul neliniar;

$7a + 52b + 452c = 360{,}6$

$52a + 452b + 4132c = 2855{,}2$

$452a + 4132b + 38996c = 25\,364{,}6;$

Dacă $t_{1960} = 1$ și $t_{1980} = 21$ atunci:

$E_l^{1980} = 87{,}9 \cdot 10^6$ tc.c.

$E_{nl} = 31{,}62 + 2{,}661t + 0{,}002t^2$

$E_{nl}^{1980} = 88{,}38 \cdot 10^6$ t.c.c.

3.2. *Modele în teoria deciziei*

Decizia sau hotărîrea constituie actul prin care un grup de decidenți pun în mișcare resursele pentru realizarea obiectivelor.

După caracterul problemei, deosebim decizii programate, semiprogramate și neprogramate.

Primele două categorii se aplică în probleme cu caracter repetitiv, pe cînd ultimul tip de decizie vizează atacarea problemelor noi.

După baza de informații deosebim decizii în condiții de certitudine, risc și incertitudine.

Deciziile în condițiile de risc și incertitudine au caracter probabilist.

3.2.1. Baza de informații pentru decizie

Baza de informații pentru decizie o formează documentele de evidență, statistică, tehnico-operativă și contabilă, privind activitatea desfășurată în cadrul sistemului analizat.

Pentru ca informațiile pentru decizie să fie eficiente ele trebuie culese, prelucrate, depozitate și puse în acțiune cu maximum de eficiență.

Culegerea și prelucrarea informațiilor se poate face manual-mecanic și automat.

Culegerea și prelucrarea automată se realizează cu ajutorul calculatoarelor electronice. Eficiența culegerii și prelucrării informațiilor pentru decizie depinde atît de evoluția calculatoarelor cît și de evoluția programelor.

Scanned with OKEN Scanner

Partea de programare se divide în programul de bază și programul de aplicații.

După culegere și prelucrare, informațiile se transmit colectivului de decidenți pentru construirea deciziei, sau se depozitează, formîndu-se fișiere de date.

Un *fișier de date* se poate organiza secvențial, selectiv și indexat-secvențial. O dată cu organizarea trebuie avută în vedere posibilitatea de consultare elastică a datelor și trebuie prevăzut un mod operativ de actualizare a fișierului.

Fișierele secvențiale înregistrează informațiile una după alta și permit regăsirea datelor necesare deciziilor tot prin acces secvențial. Fișierele selective se compun din *casete* adresabile, de anumite dimensiuni, care conțin informații pe probleme. Repartizarea informațiilor în casete se face pe baza unor relații matematice, care redau legătura dintre adresa casetei și un *cîmp cheie*, asociat informației respective. Pe baza cîmpului cheie se identifică informația.

Fișierul indexat-secvențial conține informații aranjate în ordinea crescătoare a cheilor. Informația se regăsește tot pe baza cîmpului-cheie, care însoțește data din fișier.

Reunirea echipamentelor de calcul cu programele de bază și cele de aplicații au dus la formarea sistemelor informatice. Pe baza acestor sisteme specialiștii analizează fluxul informațional de la nivelul secțiilor de producție a întreprinderilor industriale și fac propuneri de raționalizare. Dacă din analiză rezultă deficiențe la nivelul circulației informației din întreprinderi, atunci se trece la proiectarea unor circuite informaționale noi și la implementarea unui flux informațional integrat. Un asemenea proiect cuprinde următoarele faze de lucru: analiza și sinteza fluxului informațional; stabilirea cerințelor; elaborarea programelor și crearea fișierelor; testarea și punerea în funcțiune a noului flux informațional proiectat.

În procesul de decizie calculatorul electronic joacă un rol esențial dacă pentru fiecare acțiune, omul realizează un program, pe care computerul îl aplică. Construirea deciziei cu ajutorul mașinilor electronice se poate perfecționa, dacă în circuitul de producție se inserează un calculator de proces. Acesta poate construi automat deciziile de conducere operativă a proceselor de producție, dacă are instrucțiunile de control formulate de om. Calculatoarele de proces permit eliminarea decalajului dintre construirea deciziei și declanșarea acțiunii, creînd posibilitatea conducerii în timp real a proceselor de producție. În acest scop la fiecare loc de producție se prevăd terminale de culegere, de prelucrare și de transmitere a datelor și dispozitive de aplicare în practică a deciziilor. Pe această cale ansamblul de date necesare tuturor prelucrărilor de efectuat, va fi în întregime disponibil în orice moment și va fi pus la zi în mod sistematic. Orice informație necesară pentru conducere se regăsește automat. Decizia se construiește rapid, iar acțiunea se declanșează imediat. În aceste condiții, conducerea proceselor pe baza deciziilor automate este operativă și de mare eficiență.

Scanned with OKEN Scanner

3.2.2. Modele comentropice ale fluxului informațional

Modelele comentropice ale fluxului informațional operează cu conceptul de entropie informațională, denumit și *comentropie*.

Comentropia măsoară gradul de organizare a unui sistem industrial și exprimă starea de incertitudine din sistem.

Dacă un sistem industrial este organizat perfect, atunci comentropia lui este minimă. Cînd comentropia este maximă, atunci gradul de organizare al sistemului este minim. Aceste concluzii rezultă pe baza analizei fluxului informațional din cadrul sistemului.

Comentropia este invers proporțională cu informația. Astfel, cu cît cantitatea de informații asupra unor procese de producție este mai mare și ajută la eliminarea stărilor de incertitudine în efectuarea operațiilor, cu atît comentropia este mai mică. În funcție de nivelul de evoluție a producției, comentropia tinde să crească datorită perturbațiilor introduse de preluarea defectuoasă a tehnicii noi de către personalul operativ. Comentropia reflectă starea de incertitudine, existentă în sistem la un moment dat. Comentropia crește odată cu creșterea uzurii mijloacelor de producție, micșorării capacității de acțiune a lucrătorilor și datorită calificării lor în raport cu lucrările pe care le execută.

O cauză importantă a creșterii comentropiei constă în întreruperea funcționării agregatelor datorită avarierii lor în timpul procesului de producție.

Pentru micșorarea comentropiei sistemelor industriale, reținatenția următoarele măsuri: creșterea continuă a calificării lucrătorilor, asigurarea producției cu resurse de calitate, repararea calitativă a instalațiilor pentru a se preveni întreruperea neplanificată a funcționării lor. Toate măsurile pentru micșorarea comentropiei, și respectiv pentru creșterea gradului de organizare a sistemului se introduc în circuitul informațional al întreprinderii prin intermediul deciziei.

În vederea construirii unor decizii, care să contribuie efectiv la creșterea gradului de organizare a sistemului analizat, se calculează comentropia cu modele comentropice de formă:

Sistem industrial cu structură discretă

$$C_t = K_t \sum_i \sum_j \sum_k \left(p_{ijk} \lg \frac{1}{p_{ijk}} + q_{ijk} \lg \frac{1}{p_{ijk}} \right). \tag{3.63}$$

Sistem industrial cu structură continuă

$$C_t = K_t \left[\int_{t_1}^{t_2} p_i(t) \lg \frac{1}{p_i(t)} \, dt + \int_{t_2}^{t_4} p_k(t) \lg \frac{1}{p_k(t)} \, dt + \int_{t_3}^{t_6} p_j(t) \lg \frac{1}{p_j(t)} \, dt \right] +$$
$$+ K_t \left[\int_{t_1}^{t_2} q_i(t) \lg \frac{1}{q_i(t)} \, dt + \int_{t_2}^{t_4} q_k(t) \lg \frac{1}{q_k(t)} \, dt + \int_{t_3}^{t_6} q_j(t) \lg \frac{1}{q_j(t)} \, dt \right] = \text{minim} \tag{3.64}$$

Restricțiile funcționalei comentropice (3.64) în vederea formării unui model matematic de optimizare a activităților sistemului și determinării gradului optim de organizare a întreprinderii, se pot formula astfel:

$$E_p \geqslant E_c; \quad P_p \geqslant P_c; \quad C_1 \geqslant E_t; \quad B_r^d \geqslant B_r^c; \quad A_v^r \geqslant A_v^p. \tag{3.65}$$

Scanned with OKEN Scanner

Probabilitatea de succes (p) și de insucces (q) se determină cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} p_{11} &= \frac{t_{c1}}{t_t}; \quad q_{11} = \frac{t_{f1}}{t_t}; \quad p_{fm} = \frac{t_{cm}}{t_t}; \quad q_{fm} = \frac{t_{fm}}{t_t}; \\ p_{ss} &= \frac{t_{ss}}{t_t}; \quad q_{ts} = \frac{t_{ts}}{t_t} \quad p_{cc} = \frac{t_{cc}}{t_t}; \quad q_{cc} = \frac{t_{nc}}{t_t} \end{aligned}\right\} \tag{3.66}$$

Probabilitățile de succes și insucces se pot scrie și sub următoarele forme sintetice:

$$p_{ijk} = \left[\frac{t_t - t_{tn}}{t_t}\right]_{ijk}; \quad q_{ijk} = \left[\frac{t_{tn}}{t_t}\right]_{ijk} \tag{3.67}$$

În relațiile (3.63) — (3.67) intervin următoarele mărimi:
C_t este comentropia sistemului analizat; K_t — 3,32 coeficient de transformare a logaritmului din baza doi în baza zece; p_{ijk}; q_{ijk} — probabilitățile de succes (p) și insucces (q) la nivelul funcționării utilajului (i), la nivelul mijloacelor de producție (j) și la nivelul forței de muncă (k); $t_1 - t_6$ — duratele pentru urmărirea evoluției sistemului, care trece prin diverse stări comentropice; E_p; E_c — energiile produse (E_p) și consumate (E_c); P_p; P_c — puterile produse (P_p) și consumate (P_c); E_t — energia transportată; C_1 — capacitatea lanțurilor energetice de transport; B_r^d; B_r^c — cantitățile disponibile (d) și cele consumate (c) de combustibil; A_v^r; A_v^p — — aportul de valută realizat (r) și planificat (p); p_{11} q_{11}; — probabilitățile de succes și insucces, generate de lipsa de lucru; p_{fm}; q_{fm} — probabilitățile de succes și insucces generate de absența forței de lucru; p_{ts}; q_{ts} — probabilitățile de succes și insucces generate de funcționarea utilajului; p_{cc}; q_{cc} — probabilitățile de succes și insucces generate de calitatea lucrărilor executate la un moment dat; t_t — timpul total de funcționare a utilajului respectiv timpul de lucru al muncitorilor; t_{c1} — timpul cît se lucrează efectiv; t_{f1} — timpul de întrerupere din lipsa de comenzi; t_{cm} — timpul cînd nu lipsește forța de muncă; t_{fm} — timpul cînd lipsește forța de muncă; t_{ss}; t_{ts} — timpii de succes (t_{ss}) și de insucces (t_{ts}) la nivelul funcționării utilajului; t_{cc}; t_{nc} — duratele cît se lucrează la operații de calitate (t_{cc}) și la operații sub calificarea lucrătorilor (t_{nc}); t_{tn} — timpul de întrerupere a activității din diverse cauze la nivelul utilajului (i), la nivelul mijloacelor de producție (j) și la nivelul forței de muncă (k).

Pentru a lua în considerație restricțiile (3.65), la determinarea extremului minim al comentropiei (3.64) se urmărește influența pe care o are asupra sistemului fiecare tip de relație, atît sub aspect calitativ, cît și sub aspect cantitativ.

Din punct de vedere al cantității, energiile produse trebuie să corespundă cererilor impuse de sistem, iar din punct de vedere calitativ, trebuie să se respecte nivelele nominale de frecvență și tensiune.

Asigurarea calității și cantității de energie cerută de sistem la un nivel comentropic minim posibil este condiționată de calitățile și cantitățile de combustibil ce se preiau de centrală de la sursa primară. Toate acestea sînt legate și de modul în care personalul exploatează instalațiile din cadrul sistemului de producție analizat.

Gradul de organizare a unei centrale electrice, determinat cu ajutorul conceptului de comentropie, are următoarea structură:

$$g_{or} = \frac{C_E}{C_t} \gtrless g_E \tag{3.68}$$

în care: g_{or} este gradul de organizare a sistemului industrial analizat; g_E — gradul de organizare al unui sistem industrial perfect organizat, denumit *sistem industrial etalon*; C_E — comentropia etalon; C_t — comentropia sistemului analizat.

Scanned with OKEN Scanner

Schema logică de calcul al gradului de organizare se poate urmări pe fig. 3.5. Din analiza etapelor de calcul, cuprinse în schema logică, rezultă că pentru determinarea gradului de organizare a unui sistem industrial se determină structura și debitul (D) al fluxului informațional.

Acest calcul se face ținînd seama de mesajele (m) care circulau în timpul (t) în cadrul sistemului, în diverse stări de funcționare (f) a subsistemelor componente, cînd se prelucrează (l), produse și se parcurg (r) activități la cele (s) locuri de lucru. Toate aceste calcule trebuie coordonate în funcție de mulțimea mărimilor de ieșire (Y_j) și a mărimilor de intrare (X_i).

Pentru sisteme cu *structură discretă*, gradul de organizare a întregului sistem se calculează ca o medie ponderată a gradelor de organizare a subsistemelor în raport cu coeficienții de importanță a fiecărui subsistem analizat. Pentru calculul gradului de organizare relativă, trebuie determinată comentropia etalon (C_E).

Pentru sisteme cu *structură continuă*, comentropia etalon apare la nivelul unei centrale electrice noi complet automatizate, care suportă întreruperi planificate minime, generate de repararea grupurilor și a cazanelor.

Dacă în exploatarea instalațiilor, s-ar ține seama de organizarea sistemelor de producție pe baza conceptelor comentropice, cu care operează ingineria sistemelor, atunci deciziile s-ar construi de așa manieră, încît cauzele care perturbă funcționările instalațiilor ar fi determinate cît mai rapid și s-ar putea merge pe linia apropierii comentropiilor reale de cele etalon, prin introducerea calculatoarelor de proces pentru conducerea centralelor electrice în timp real.

3.2.3. Modele de decizie la nivelul sistemelor industriale

Modelele de decizie pot fi construite pentru situații de certitudine și pentru situații de incertitudine în desfășurarea evenimentelor reale. Incertitudinea poate fi totală sau parțială. În cazul unei decizii în condiții de incertitudine parțială pot apărea situații de risc.

Modelul matematic de decizie trebuie astfel construit încît să cuprindă toate situațiile, adică să prezinte un grad mare de generalitate și să se refere la diverse nivele ierarhice de conducere a lucrărilor de realizare a obiectivelor industriale. Aceste condiții pot fi realizate cu ajutorul structurilor matematice probabiliste ale modelelor de decizie.

Modelele de decizie cu o structură probabilistă se pot concepe sub următoarea formă:

$$F_{dact} = Z_{ac}^{pr} = \sum_h \sum_k \sum_j \sum_l \sum_i c_h p_k c_j (c_p t_f P_p + i_{sp} \cdot P_p)_{ijkl} (1 + p_n)^{-i} \quad (3.69)$$

în care: p_k reprezintă probabilitatea de realizare a mărimilor din model condiționate de stările (k) ale naturii; c_h este coeficient de competență asociat fiecărui decident; c_j — coeficient de importanță pentru criteriile de decizie luate în considerație; c_p — costul unitar al unității de producție realizată; t_f — timpul de funcționare; P_p — capacitatea de producție; p_n — coeficientul de eficientă economică; cheltuielile totale actualizate (Z_{ac}^{pr}) se determină pentru anul (i); obiectivul (j); starea naturii (k) și faza (l) prin care trece sistemul; F_{dact} — funcția de eficiență de tip cost actualizat.

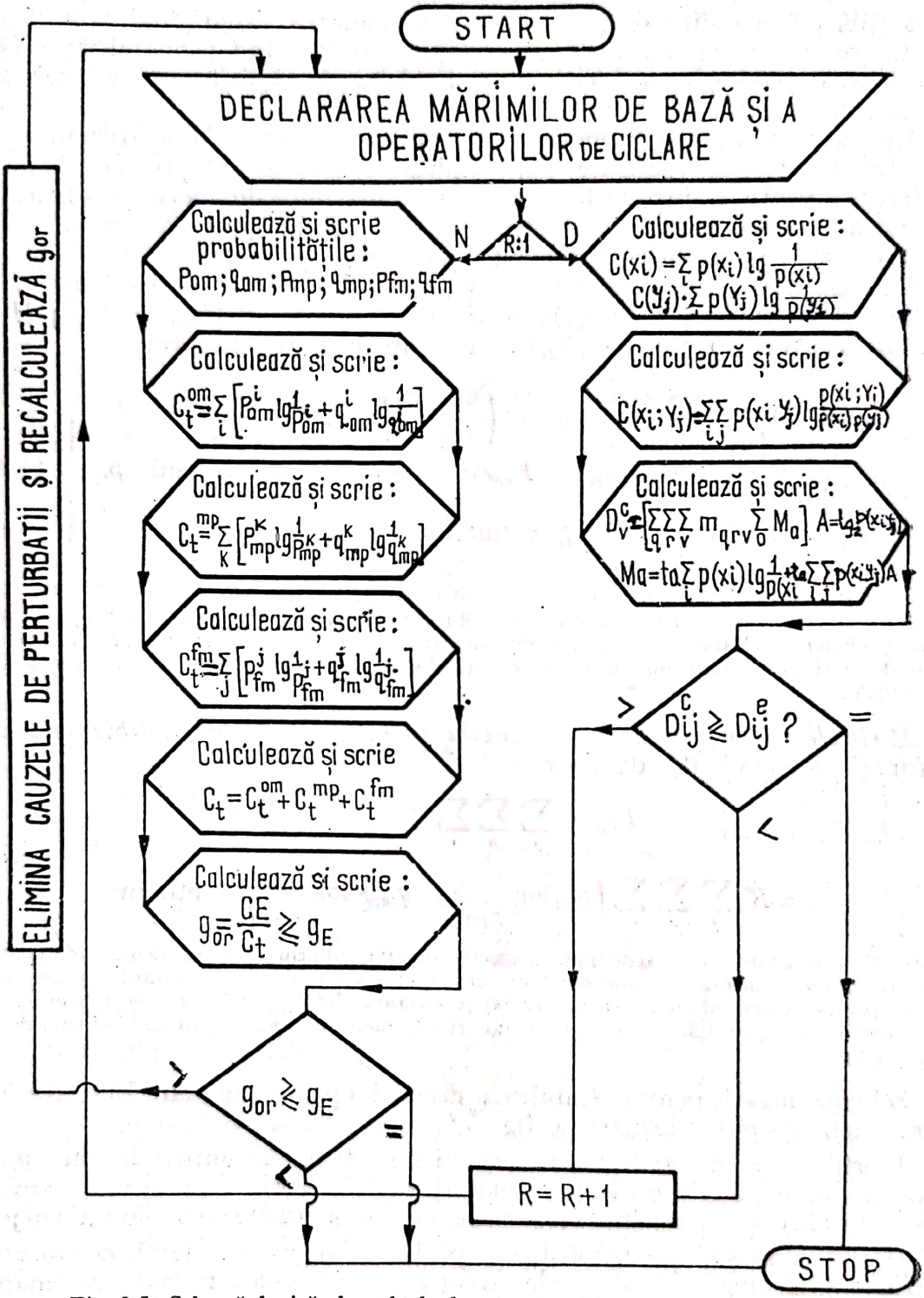


Fig. 3.5. Schemă logică de calcul al comentropiei unui sistem industrial.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă probabilitățile (p_k) sînt necunoscute, atunci modelul probabilist se poate aplica în condiții de risc, întrucît pot apărea situații noi care să nu permită realizarea lucrărilor la nivelul prestabilit. Cînd probabilitățile (p_k) au valoarea egală cu unitatea atunci modelul de decizie capătă caracter determinist.

Există posibilitatea ca modelele de decizie să cuprindă în structura lor utilitatea produselor realizate după aplicarea soluției de proiect. Această utilitate se poate estima pe baza concepției sistemice de abordare a fenomenelor și anume pe baza teoriei învățării, aplicată la nivelul consumatorilor și extinsă apoi la nivelele instalațiilor care leagă producția de consum.

Modelele matematice de decizie bazate pe conceptul de risc operează cu funcții de eficiență de tip Laplace (F_{dL}); de tip Wald-Neumann (F_{dWN}); de tip Hurwicz (F_{dH}) și de tip Savage (F_{ds}) scrise sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} F_{dL} &= \max_t \left| \sum_s \frac{p_{ts}}{n} \right|; \quad p_{ts} = \left(\frac{C_t - C_s}{I_s - I_t} \right); \quad \text{sau} \quad p_r = \frac{C_r}{I_r} \leqslant p_n \\ F_{dWN} &= \max_t \min_s |p_{ts}|; \quad F_{dH} = \max_t (a \max_s p_{ts} + b \min_s p_{ts}) \\ F_s &= \min_s (\max r_{ts}): \quad r_{ts} = (\max p_{ts} - p_{ts}) \end{aligned}\right\} \quad (3.70)$$

în care: a este coeficient de optimism; p_r — coeficient de eficiență absolută; $b = (1-a)$ — coeficient de pesimism. r_{ts} — regretul că s-a ales o soluție anumită față de soluția optimă; p_{ts} — coeficient de eficiență relativă; p_n — coeficient normat de eficiență. C_t; C_s; C_r; I_t; I_s; I_r — cheltuielile și investițiile pe mulțimile de variante (t) și (s) care se compară scrise în maniera cercetării operaționale.

Modelele matematice de decizie bazate pe conceptul de comentropie operează cu funcții de eficiență de forma:

$$F_{d_{ct}} = \sum_j \sum_k \sum_l (C_t)_{jkl} =$$

$$= K_t \sum_j \sum_k \sum_l \left(p_{jkl} \log \frac{1}{p_{jkl}} + q_{jkl} \cdot \log \frac{1}{q_{jkl}} \right) = \text{minim} \quad (3.71)$$

în care: C_{t_t} este comentropia sistemului respectiv entropia informațională generată de perturbațiile introduse în sistem de noul obiectiv construit; p_{jkl}; q_{jkl} — probabilitățile de succes și insucces pentru obiectivul (j) starea naturii (k) și varianta (l); F_{dct} — funcția de decizie bazată pe comentropie; $K_t = 3{,}32$ — coeficientul de transformare a bazei logaritmului din baza (2) în baza (10).

Schema logică pentru stabilirea deciziei optime în maniera cercetării operaționale se poate urmări pe fig. 3.6.

Teoriile care au stat la baza construirii deciziilor se împart în cinci mari grupe și anume: teoria utilității, teoria statistică, teoria deciziei multidimensionale, teroia deciziilor complexe și teoria deciziilor bazate pe modele de tip joc.

Dintre modelele de rezolvare a problemelor care implică construirea deciziilor multidimensionale reținatenția următoarele: metoda Neumann-Morgenstern, metoda Electre și metoda Leaderului.

● *Metoda Neumann-Morgenstern* are la bază un set de axiome, care garantează existența unei funcții cu valori în mulțimea numerelor reale.

Scanned with OKEN Scanner

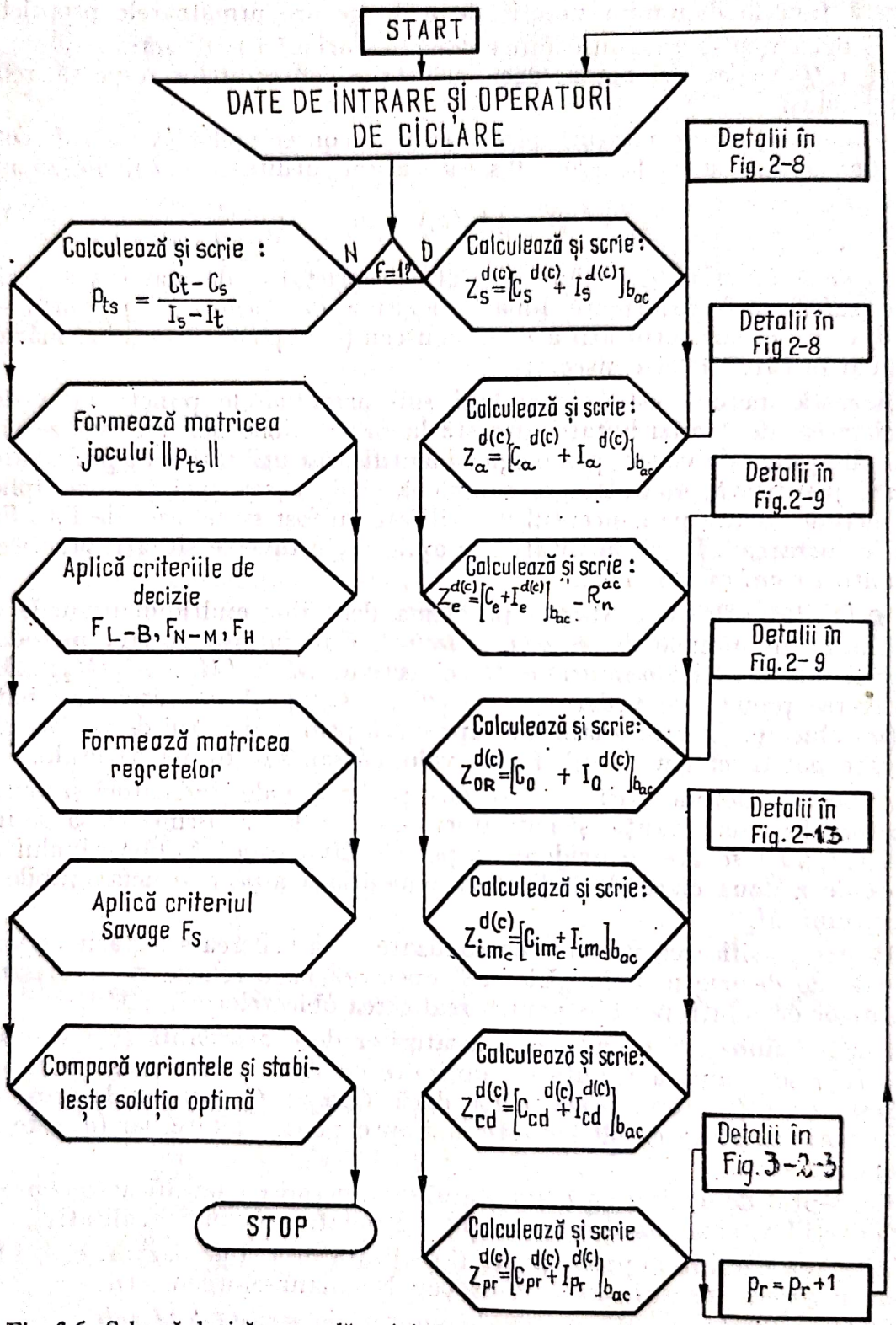


Fig. 3.6. Schemă logică generală privind aplicarea teoriei jocurilor în conducerea sistemelor industriale.

Scanned with OKEN Scanner

Această funcție denumită funcție de utilitate are următoarele proprietăți:

— dacă x_i și x_j sînt consecințe a două moduri diferite de acțiune și $x_i > x_j$ atunci $x_i \mathcal{P} x_j$ dacă și numai dacă utilitățile consecințelor respectă relația $u(x_i) > u(x_j)$;

— dacă x_k este o mixtură probabilistă a consecințelor $(x_i; x_j)$ de forma $x_k = (px_i; qx_j)$; $q = (1 - p)$; $0 \leqslant p \leqslant 1$ atunci utilitatea se calculează astfel

$$u(x_k) = [pu(x_i) + qu(x_j)]; \tag{3.85}$$

— dacă funcția de utilitate (u) are proprietățile de mai sus atunci ea poate suferi o transformare liniară pozitivă de forma $:u(x) = u(x) + b$; $b > 0$, deci pe baza utilității a două consecințe se poate determina mărimea utilității oricărei altei consecințe.

Această metodă este discutabilă sub următoarele puncte de vedere: proprietatea de tranzitivitate care stă la baza axiomaticii nu este generalizabilă din punct de vedere psihologic; identificarea utilității cu o probabilitate nu este justificată, metoda este complexă și de aceea este greu de aplicat. Alte metode bazate pe conceptul de utilitate au fost sintetizate de P.C. Fishburn în lucrarea „Teoria utilității" și aplicate în diverse situații practice de unii autori români [23, 112].

● O altă cale de a aborda problema deciziilor multidimensionale este cunoscută sub numele de *metoda „Electre"*. Cu ajutorul acestei metode se compară și se clasifică o mulțime de obiective: M ... $(M = M_1; M_2; \ldots M_m)$, din diverse puncte de vedere $(C = C_1; C_2, \ldots C_n)$ pe baza cărora se judecă cele (m) obiecte. Efectul analizei se apreciază prin indicatorii de performanță (a_{ij}) care pot fi exprimați sub formă valorică sau sub formă naturală.

Aplicarea metodei „Electre" se face pe baza a doi indicatori și anume: indicatori de concordanță și indicatori de discordanță. Prima clasă de indicatori $(M_i; M_j)$ scoate în evidență aspectele favorabile ale obiectivului M_g, iar cea de a doua clasă de indicatori evidențiază aspectele nefavorabile ale obiectivului M_g.

Pentru clasificarea variantelor analizate și în vederea selectării variantei raționale de decizie metoda „Electre" operează cu o relație de surclasare a variantelor de soluții posibile pentru realizarea obiectelor $(M_i; M_j)$.

După definirea și calcularea indicatorilor de concordanță (C_c) și discordanță (C_d) se compară rezultatele obținute cu două valori prag $(p; q)$ și se stabilește că (M_i) surclasează (M_j) dacă $C_c \geqslant p$; $C_d \leqslant q$. Surclasarea este cu atît mai puternică cu cît (p) este mai aproape de unitate, iar (q) este mai aproape de zero.

Conceptul de utilitate are avantajul de a permite cuantificarea consecințelor criteriilor, chiar dacă acestea sînt exprimate prin indici calitativi.

Alegerea variantei optime poate fi realizată însă și pe baza altor căi fără apel la noțiunea de utilitate în sens von Neumann-Morgenstern.

● Una din aceste căi poartă denumirea de *metoda leaderului*.

Metoda leaderului operează cu (V_j) variante $(j = 1, \ldots r \ldots s \ldots m)$, care se află în competiție.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă varianta V_r domină varianta V_s atunci se atribuie primei variante două puncte, iar celei dominate zero puncte. Dacă două variante se află în relație de indiferență, fiecare variantă va primi cîte un punct. De asemenea, tot un punct va fi atribuit oricărei variante în competiția cu ea însăși.

Pentru fiecare criteriu se poate elabora un graf al dominantelor, ținînd seama de următorul algoritm: dacă V_r domină (dintr-un anumit punct de vedere) pe V_s atunci arcul grafului care modelează procesul va fi orientat de la nodul V_r spre nodul V_s; dacă V_r se află în relație de indiferență, atunci acest fapt se evidențiază printr-o buclă asociată fiecărui nod.

Varianta optimă se stabilește în funcție de puterea iterată, calculată pentru fiecare alterantivă cu o relație de forma:

$$\max p_j^{(q)} \rightarrow V_{\text{optimă}} \tag{3.86}$$

în care: $p_j^{(q)}$ este puterea iterată de ordinul (q) a variantei (j).

Procedeul de calcul decurge astfel:

— se scrie matricea dominanțelor asociată grafului elaborat pentru fiecare criteriu;

— se determină puterea iterată de ordinul (1), $p_i^{(1)}$, pentru fiecare variantă, prin însumarea elementelor fiecărei linii;

— se stabilește varianta optimă pe baza punctajului maxim;

— dacă două sau mai multe variante au punctaj maxim, pentru departajarea acestora se calculează puterea iterată de ordinul ($q = 2;3$ etc.), cu ajutorul unei relații de forma:

$$\| p_j^{(q)} \| = \begin{Vmatrix} p_1^{(q)} \\ p_2^{(q)} \\ \vdots \\ p_m^{(q)} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots a_{2n} \\ \vdots & \\ a_{j1} & \dots a_{ij} \dots a_{im} \\ \vdots & \\ a_{m1} & \dots a_{mj} \dots a_{mm} \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} p_1^{(q-1)} \\ p_2^{(q-1)} \\ \vdots \\ p_m^{(q-1)} \end{Vmatrix} \tag{3.87}$$

Elementele matricei pătratice, $\| a_{ij} \|$ pot avea următoarele valori:

$$\left.\begin{aligned} a_{ij} &= 1, \quad \text{dacă} \quad i = j, \quad \text{sau dacă} \quad V_r \partial V_s: \\ a_{ij} &= 2, \quad \text{dacă} \quad V_r P V_s; \\ a_{ij} &= 0, \quad \text{dacă} \quad V_s P V_r. \end{aligned}\right\} \tag{3.88}$$

Deci varianta optimă se selectează din mulțimea de soluții posibile pe baza punctajului maxim rezultat la nivelul puterii de iterație de un ordin oarecare cu care operează metoda leaderului.

Exemple de calcul

Exemplul 1. Pentru realizarea unui obiectiv industrial se pleacă de la analiza unei mulțimi de variante dintre care se selecționează patru și se supun analizei multicriteriale în vederea construirii rationale a deciziei optime. Criteriile avute în vedere la analiza variantelor studiate

se referă la: cost (C_1); suprafața terenului ocupat (C_2), elasticitatea în exploatare (C_3), conceptul de design (nivelul estetic) (C_4) și siguranța în funcționare (C_5) Datele necesare analizei se dau astfel:

Criteriile C_i Varianta și kg	C_1 lei	C_2 m²	C_3	C_4	C_5
V_1	$0{,}2 \cdot 10^6$	400	dificilă	mediu	f. bună
V_2	$0{,}1 \cdot 10^6$	280	normală	mediu	normală
V_3	$0{,}24 \cdot 10^6$	250	normală	mediu	bună
V_4	$0{,}3 \cdot 10^6$	310	dificilă	înalt	f. bună
C_j	5	2,5	1,5	1	7

C_j = coeficienți de importanță pentru criteriile de decizie ($C_1 - C_5$).

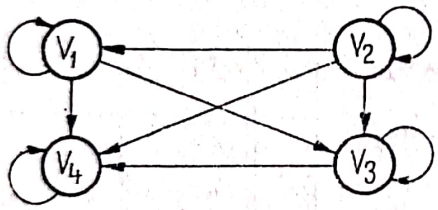
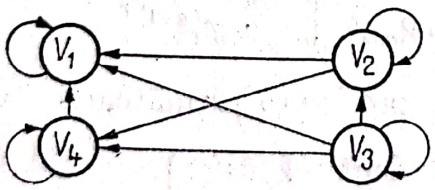
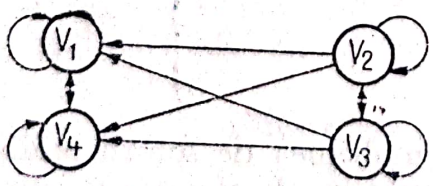
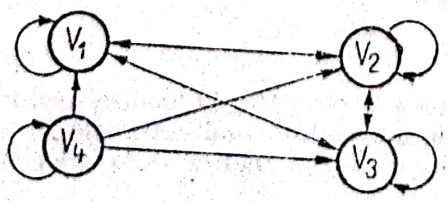
Se urmărește selectarea variantei optime prin aplicarea următoarelor metode [18, 64]:

— metoda utilității acțiunilor sau metoda Neumaun-Morgenstern-Fishburn;

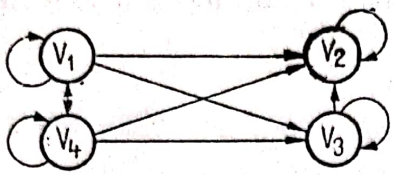
— metoda Electre;

— metoda Leaderului.

Grafele relațiilor de dominanță între variantele supuse analizei în funcții de criterii ($C_1 - C_5$) și matricele asociate acestora se dau astfel:

Grafele relațiilor de dominanță între variante	Matricele asociate fiecărui graf
	$M_{C1} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C2} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C3} = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{Vmatrix}$
	$M_{C4} = \begin{Vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$

Scanned with OKEN Scanner

Grafele relațiilor de dominanță între variante	Matricele asociate fiecărui graf.
	$M_{C_5} = \begin{Vmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 2 & 1 \end{Vmatrix}$

Se urmărește construirea deciziei optime prin compararea rezultatelor obținute la aplicarea metodei utilității maxime, a metodei Electre și a metodei Leaderului.

Determinarea utilităților pentru cele patru variante se face astfel:

$$U(V_1) = \frac{(0{,}2 - 0{,}1) \cdot 10^6}{(0{,}3 - 0{,}1) \cdot 10^6} = 0{,}5; \quad U(V_2) = 1;$$

$$U(V_3) = \frac{(0{,}24 - 0{,}1) \cdot 10^6}{(0{,}3 - 0{,}1) \cdot 10^6} = 0{,}3; \quad U(V_4) = 0.$$

Dacă se apreciază utilitatea acțiunilor ($V_1 \div V_4$) pe baza criteriilor ($C_1 \div C_5$) in sens Fishburn atunci se obțin următoarele rezultate:

V_j \ U_{Ci}	U_{C1}	U_{C2}	U_{C3}	U_{C4}	U_{C5}	$\sum_{i=1}^{j} U_{Ci}$
V_1	0,5	0	0	0	0	1,5
V_2	1	0,8	1	0	0	2,8
V_3	0,3	1	1	0	0,5	2,8
V_4	0	0,6	0	1	1	2,6

Întrucît variantele (2) și (3) au valorile maxime ale utilității egale rezultă o situație de indecibilitate. Pentru a rezolva problema stabilirii unei singure variante pentru construirea obiectivului industrial se ține seama de importanța criteriilor de decizie. Astfel se multiplică valorile utilităților din tabelul anterior cu valoarea coeficienților de importanță (C_j) și se obțin următoarele rezultate:

V_j \ U_i	U_{C1}	U_{C2}	U_{C3}	U_{C4}	U_{C5}	$\sum_i U_{Cij} C_j$
V_1	2,5	0	0	0	7	9,5
V_2	5	2	1,5	0	0	8,5
V_3	1,5	2,5	1,5	0	3,5	9
V_4	0	1,5	0	1	7	9,5

Situația de indecibilitate se menține deoarece $U_{t1}C_j = U_{t4}C_j = 9{,}5$ și V_1IV_4.

Metoda Electre permite eliminarea neajunsurilor metodei utilității pe baza indicatorilor de concordanță (C_c) și discorcondanță (C_d) aplicată în maniera SEMA (Societé de l'Economie et de Mathematiques Appliquees) sau pe baza indicatorilor normați (C_c^n) și (C_d^n). Relațiile de calcul cu care operează metoda Electre se pot scrie sub forma:

a) *Maniera* *SEMA*

$$C_c(V_{ei}V_k) = \sum_c C \Big/ \sum_c C_j; \qquad C \in C_j i/U_l \geqslant U_k)$$

$$C_d(V_{ei}V_k) = \frac{\max\,(U_k - U_e)}{e}$$

b) *Maniera indicatorilor normați*

$$C_c(V_{ei}V_k) = \sum_i C_i^n(U_{ei} - U_{ki}); \qquad C_i^n = \frac{C_i}{\sum_i C_i}$$

$$C_d(V_{ei}V_k) = \sum_i C_i^n(U_{ki} - U_{ei}).$$

în care: V_e; V_k — variantele care se compară; U_{ei}; U_{ki} — utilitățile aferente acestor variante (ek).

Valorile indicatorilor de concordonață și discordanță în manieră SEMA se determină astfel:

$$C_c(V_1, V_2) = \frac{1 + 7}{5 + 2{,}5 + 1{,}5 + 1} = 0{,}471$$

$$C_c(V_1, V_3) = \frac{5 + 1 + 7}{17} = 0{,}765$$

$$C_c(V_1, V_4) = \frac{5 + 1{,}5 + 7}{17} = 0{,}794$$

$$C(V_2, V_1) = \frac{5 + 2{,}5 + 1{,}5 + 1}{17} = 0{,}588$$

$$C(V_4, V_3) = \frac{2{,}5 + 1{,}5 + 1 + 7}{17} = 0{,}471$$

$$C_d(V_1, V_2) = \max\,(1 - 0{,}5;\ 0{,}8 - 0;\ 1 - 0) = 1$$

$$C_d(V_1, V_3) = \max\,(1 - 0;\ 1 - 0) = 1$$

$$C_d(V_1, V_4) = \max\,(0{,}6 - 0;\ 1 - 0) = 1$$

$$C_d(V_2, V_1) = \max\,(1 - 0) = 1$$

$$C_d(V_4, V_3) = \max\,(0{,}3 - 0;\ 1 - 0{,}6;\ 1 - 0) = 1$$

Matricele coeficienților (C_c) și (C_d) se scriu astfel:

$$\|M_{cc}\| = \left\| \begin{matrix} 0 & 0{,}471 & 0{,}765 & 0{,}794 \\ 0{,}588 & 0 & 0{,}441 & 0{,}529 \\ 0{,}294 & 0{,}706 & 0 & 0{,}529 \\ 0{,}706 & 0{,}471 & 0{,}471 & 0 \end{matrix} \right\|$$

$$\|M_{cc}\| = \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0,5 & 1 \\ 0,5 & 0,7 & 0 & 1 \\ 0,5 & 1 & 1 & 0 \end{Vmatrix}$$

Varianta optimă se obține în urma aplicării unor relații de forma:

$$V_{opt}(V_1, V_4) = \max [C_c(V_1, V_4) - C_d(V_1, V_4); C_d(V_4, V_1) -$$
$$C_d(V_4, V_1)] = \max[(0,794 - 1;); (0,706 - 0,5)] = V_{opt} \to V_4$$

Valorile indicatorilor normate de concordanța și discordanța rezultă pe baza următoarelor calcule:

$$C_c^n(V_1, V_2) = \frac{5}{17}(1 - 0) = 0,412$$

$$C_c^n(V_1, V_3) = 0,294(0,5 - 0,3) + 0,412(1 - 0,5) = 0,265$$

$$C_c^n(V_1, V_4) = 0,294(0,5 - 0) = 0,147$$

$$C_c^n(V_2, V_1) = 0,294(1 - 0,5) + 0,147(0,8 - 0) + 0,088(1 - 0) = 0,353$$

$$C_c^n(V_2, V_3) = 0,294(1 - 0,3) = 0,206$$

$$C_c^n(V_2, V_4) = 0,294(1 - 0) + 0,147(0,8 \cdot 0,6) + 0,088(1 - 0) = 0,411$$

$$C_c^n(V_3, V_1) = 0,147(1 - 0) + 0,088(1 - 0) = 0,235$$

$$C_c^n(V_3, V_2) = 0,147(1 - 0,8) + 0,412)(0,5 - 0) = 0,235$$

$$C_c^n)V_3, V_4) = 0,294(0,3 - 0) + 0,147(1 - 6,6) + 0,088(1 - 0) = 0,559$$

$$C_c^n(V_4, V_1) = 0,147(0,6 - 0) + 0,059(1 - 0) = 0,118$$

$$C_c^n(V_4, V_2) = 0,059(1 - 0) + 0,412(1 - 0) = 0,471$$

$$C_c^n(V_4, V_3) = 0,59(1 - 0)0,412\,(1 - 0,5) = 0,265$$

După calcularea indicatorilor normați de concordanță și discordanță rezultă pentru C_c^n și C_d^n următoarele valori:

$$C_c^n(V_{e_1}, V_k) = \begin{Vmatrix} 0 & 0,412 & 0,265 & 0,147 \\ 0,353 & 0 & 0,206 & 0,411 \\ 0,235 & 0,235 & 0 & 0,559 \\ 0,118 & 0,471 & 0,265 & 0 \end{Vmatrix}$$

$$C_d^n(V_{e_1}, V_k) = \begin{Vmatrix} 0 & 0,353 & 0,235 & 0,118 \\ 0,412 & 0 & 0,235 & 0,471 \\ 0,365 & 0,206 & 0 & 0,265 \\ 0,147 & 0,411 & 0,559 & 0 \end{Vmatrix}$$

Matricea $C_d^n(V_l, V_k)$ se obține din matricea $C_c^n(V_l, V_k)$ transformînd liniile din (C_d^n) în coloanele lui (C_d^n). Varianta optimă rezultă din compararea diferenței indicatorilor (C_c^n, C_d^n) și din selectarea valorii maxime a diferenței dintre $(C_c^n$ și $C_d^n)$. Pentru situația comparată rezultă V_3 drept varianta optimă.

Aplicarea metodei Leaderului la construirea deciziei presupune stabilirea celei mai dominante alternative din mulțimea variantelor care concură la selecție.

Dominația unei variante asupra celorlalte se stabilește pe baza următoarelor reguli:
— dacă V_l domină V_l atunci se atribuie primei variante două puncte iar ultimei variante zero puncte;
— dacă V_l și V_k au aceeași influență una asupra celeilalte atunci fiecare primește cîte un punct;
— se pleacă de la faptul că fiecare variantă se autodomină.
Dominanța între variante se poate analiza cu ajutorul grafelor conform următoarelor ipoteze:
— variantele reprezintă nodurile grafului;
— dacă V_l domină V_k se orientează arcul dintre (l,k) de la (l) spre (k);
— dacă V_l și V_k sînt la fel de influențe una asupra celeilalte atunci arcul dintre ele va fi orientat în ambele sensuri;
— autodominația fiecărei variante se reprezintă printr-o buclă a cărei lungime este egală cu unitatea.
Adunînd matricele $(M_{c_1} - M_{c_4})$ rezultă matricea de dominanță între variante sub forma:

$$\|M_t\| = \left\|\sum_i M_{ct}\right\| = \left\| \begin{matrix} 5 & 3 & 5 & 4 \\ 7 & 5 & 4 & 6 \\ 5 & 6 & 5 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 5 \end{matrix} \right\|$$

Varianta optimă se selectează aplicînd matricea (M_t) următoarea relație. [53] [64].

$$\max P_j^{(k)} = \max \left[P_j^{(k)} / \sum_j p_j^{(k)} \right]$$

Prin $P_j^{(k)}$ și $p_j^{(k)}$ s-au notat puterile de ordinul (k) a variantei respectiv a liniei (j) din matricea (M_t). Calculînd puterile de ordinul (1) și (2) rezultă următoarele valori:

$p_1^{(1)} = 6 + 3 + 5 + 4 = 17$; $p_2^{(1)} = 7 + 5 + 4 + 6 = 22$;

$p_3^{(1)} = 5 + 6 + 5 + 6 = 22$ $p_4^{(1)} = 6 + 4 + 4 + 5 = 19$ $(V_2 I V_3)$

$p_1^{(2)} = 5 \cdot 17 + 3 \cdot 22 + 5 \cdot 22 + 4 \cdot 19 = 337$

$p_2^{(2)} = 7 \cdot 17 + 5 \cdot 22 + 4 \cdot 22 + 6 \cdot 19 = 431$

$p_3^{(2)} = 5 \cdot 17 + 6 \cdot 22 + 5 \cdot 22 + 6 \cdot 19 = 441$

$p_4^{(2)} = 6 \cdot 17 + 4 \cdot 22 + 4 \cdot 22 + 5 \cdot 19 = 373$

Se observă ca maximum puterii de dominanță aparține lui (V_3) deci se acceptă ca optima varianta a treia de realizare a obiectivului industrial în urma aplicării metodei de decizie de tip Leader.

Sintetizînd rezultatele obținute pe baza metodelor de decizie se obțin următoarele variante:

Metode / V_i	Neumann-Morgenstern-Fishburn		Electre		Leader	Erecvența
	Coeficienți Ki egali	Coeficienți Ki diferiți	1	2		
V_1	—	V_1	—	—		1
V_2	V_2	—	—	—		1
V_3	V_3	—	—	V_3	V_3	3
V_4	—	V_4	V_4	—		2

Se alege (V_3) ca varianta optimă de realizare a obiectivului industrial.

Scanned with OKEN Scanner

Exemplul 2. Fie instalații I_1 și I_2 identice din punct de vedere constructiv și funcțional care prezintă performanțe diferite în exploatare. Utilitățile pentru cele trei stări de funcționare se notează astfel:

U_n — utilitatea pentru starea normală de funcționare a instalației;

U_u — utilitatea pentru starea de avariere ușoară a instalației;

U_g — utilitatea pentru starea de avariere gravă a instalației.

Valorile pentru cele două instalații și cele trei stări de funcționare ($n = 3$) se dau astfel:

$$U_{n_1} = 1;\ U_{n_2} = 0{,}7;\ U_{u_1} = 0{,}6;\ U_{u_2} = 0{,}5$$

$$U_{g_1} = 0;\ U_{g_2} = 0{,}2;\ n_1 = 3;\ n_2 = 3$$

Probabilitățile de succes (p) și insucces (q) pentru instalația I_1 au valorile $p_1 = 0{,}55$; $q_1 = 0{,}45$ $p + q = 1$; $C_{I_E} = 0{,}3$. Prin C_{I_E} -s-a notat entropia informațională etalon a sistemului. Datele din exploatarea instalației permit stabilirea următoarelor probabilități de succes (p) și frecvențele (f) apariției lor:

Stările de funcționare	n		u		g	
	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3
n	63	0,84	8	0,10667	4	0,05383
u	8	0,72727	3	0,27273	0	0
g	4	0,30769	0	0	9	0,69231

Aplicarea funcțiilor de eficiență a modelelor Wald-Neumann, Hurwicz și Bayes-Laplace conduce la următoarele rezultate:

$$F_{W-N} = \max \min U_{ij} = 0{,}2 \to V_2$$

$$F_H = \max (h_1,\ h_2) = \max\ (0{,}6;\ 0{,}5) = 0{,}6 \to V_1$$

$$h_1 = 1 \cdot 0{,}6 + (1 - 0{,}6) \cdot 0 = 0{,}6;\ h_2 = 0{,}7 \cdot 0{,}6 + (1 - 0{,}6)\ 0{,}2 = 0{,}5$$

$$F_{B-L_1} = \max \left(\frac{\sum U_{ij}}{n} \right) = \max\ (0{,}533;\ \ 0{,}467) = 0{,}533 \to V_1$$

$$\left(\frac{U_{ij}}{n}\right)_1 = \frac{1 + 0{,}6 + 0}{3} = 0{,}533; \quad \left(\frac{U_{ij}}{n}\right)_2 = \frac{0{,}7 + 0{,}5 + 0{,}2}{3} = 0{,}467.$$

Două din cele trei criterii de decizie conduc la varianta (1) ca soluție optimă de rezolvare a problemei.

Pentru aplicarea criteriului de decizie Savage se predetermină regretul (lipsa de cîștig) astfel:

$$\|r_{ij}\| = \|\max U_{ij}\| = \begin{Vmatrix} 0 & 0 & 0{,}2 \\ 0{,}3 & 0{,}1 & 0 \\ 0 & 0{,}4 & 0 \end{Vmatrix}$$

Funcția de eficiență a modelului de decizie tip Savage se scrie astfel:

$$F_S = \min \max \|r_{ij}\| = \min\ (0{,}2 \cdot 0{,}3, 0{,}4) = 0{,}2 \to V_1$$

Dacă se calculează entropia informațională sau comentropia generată de cele două instalații se obțin următoarele rezultate:

$$C_{I_1} = \left[- 3{,}32 \sum_i p_i \lg p_i - 3{,}32 \sum_i q_i \lg q_i \right] =$$

$$= [- 3{,}32(0{,}55 \lg 0{,}55 + 0{,}45 \lg 0{,}45)] = 0{,}9928;$$

$$C_{I_2} = [-3{,}32(0{,}755754 \lg, 858554 + 0{,}24246 \lg 0{,}24246)] = 0{,}72.$$

Gradul de organizare a sistemului pentru cele două situații analizate are următoarele valori:

$$g_I \% = \frac{C_{I_E}}{C_{I_1}} 100 = \frac{0{,}3 \cdot 100}{0{,}9928} = 30\%;$$

$$g_{I_2}\% = \frac{C_{I_E}}{C_{I_2}} 100 = \frac{0{,}3 \cdot 100}{0{,}721} = 42\%$$

Întrucît cinci din cele șase criterii de decizie indică ca optimă varianta V_1 se acceptă ideea reparării instalației I_1.

Capitolul 4

Modele în teoria costurilor și în ingineria valorii

Modelele matematice în teoria costurilor construite în manieră sistemică trebuie să cuprindă cheltuielile ce se fac pe toate fazele prin care trece obiectivul conceput: cercetare-proiectare, construcții-montaj și exploatare-dezvoltare. Structura cheltuielilor totale pe lanțurile tehnologice ce leagă producția de consum trebuie astfel constituită încît să reflecte întreaga gamă de costuri specifice proiectării, montajului și exploatarea instalațiilor și să scoată în evidență modul în care se aplică cercetarea operațională pe fazele prin care trece un sistem de producție de la conceperea instalațiilor pînă la scoaterea lor din funcțiune. În această idee se vor prezenta costurile de producție la nivelul sistemelor industriale cu structură discretă și cu structură continuă.

Pentru a arăta cum influențează ingineria valorii teoria costurilor se vor face considerații asupra premizelor ingineriei și analizei valorii, cu scopul precizării căilor de construire a modelelor de costuri care îmbracă fidel fenomenele în ideea creșterii valorii de întrebuințare a produselor prin reproiectare și a îmbunătățirii structurii costurilor prin reducerea cheltuielilor.

4.1. Modele în teoria costurilor de producție din cadrul sistemelor discrete

Pentru a putea alege cea mai adecvată cale de determinare a costurilor de producție se vor prezenta în continuare atît metodele folosite curent în practică, cît și cele discutate în cadrul teoriei prognozei.

Printre metodele curente pentru determinarea costurilor reținatenția următoarele: metoda normativă, metoda standard-cost; metoda tarif-oră-mașină, metoda direct-costing și metoda cercetării operaționale. Ca metode de prognozare a costurilor reținatenția cele bazate pe modele de regresie (liniare și exponențiale).

Modelele de costuri care leagă producția de consum operează cu relații generale de forma:

$$C_{sp}^{(d)} = \frac{S_{ch}}{V_{prod}} = C_{sp}^{(cp)} + C_{sp}^{(cm)} + C_{sp}^{(exd)} \qquad (4.1)$$

în care: $C_{sp}^{(d)}$ este costul specific de producție în sisteme discrete (d); S_{ch} — suma cheltuielilor totale pe fazele de cercetare proiectare (cp); construcții montaj (cm) și exploatare dezvoltare (exd) ale sistemului industrial analizat. V_{prod} — volumul producției realizate.

În vederea exprimării legăturilor (ce apar între producția și distribuirea bunurilor) generate de influențele mediului, se utilizează la calculul costurilor specifice de producție modele matematice de forma:

$$\left.\begin{aligned} \bar{C}_{sp}^{cc} &= \bar{C}_{sp}^{(d)} + b + C_{ind} = \text{prețul producătorului,} \\ \bar{C}_{sp}^{lv} &= \bar{C}_{sp}^{cc} + i_{cp} + a_{pb} = \text{prețul de livrare,} \\ C_{sp}^{am} &= C_{sp}^{ri} + A_{ac} = \text{prețul de vînzare cu amănuntul} \end{aligned}\right\} \quad (4.2)$$

în care: c_{sp}^{cc} este costul complet (comercial) al produsului; b — beneficiul planificat; C_{ind} = cheltuiele indirecte (ambalaj și reclamă); C_{sp}^{lv} — prețul de livrare; a_{pb} = alte prelevări la buget; i_{cp} — impozitul pe circulația produselor; C_{sp}^{am} — costul pentru distribuția cu amănuntul la consumator a produsului; A_{ac} — adacsul comercial format din retribuția ce se acordă lucrătorilor din comerț plus alte cheltuieli neprevăzute și beneficiul întreprinderii comerciale.

Structura cheltuielilor de producție se poate determina atît pe elemente primare cît și pe elemente de calculație. Cheltuielile pe elemente primare (S_{ch}^{ep}) și cheltuielile pe articole de calculație (S_{ch}^{ac}) se determină astfel:

$$\left.\begin{aligned} S_{ch}^{ep} &= (C_{mat} + C_{mv}) = (C_{mba} + C_{cae} + C_{amr} + C_{dvm} - C_{dr} + \\ &\quad + C_{rt} + C_{cas} + C_{fp} + C_{ft} + C_{tn} + C_{npv}); \\ S_{ch}^{ac} &= (C_{dr} + C_{rd} + C_{ir} + C_{gs} + C_{gi} + C_{rb} + C_{ds} + C_{tn} + C_{dnp}) \end{aligned}\right\} \quad (4.3)$$

în care: C_{mat} reprezintă cheltuielile cu materialele; C_{mv} — cheltuielile cu munca vie.

Prima categorie de cheltuieli cuprinde fondurile pentru materialele și materiile prime de bază și auxiliare din afară (C_{mba}), din care se scad economiile realizate din valorificarea deșeurilor recuperabile (C_{dr}) plus cheltuielile pentru combustibil, apă și energie (C_{cae}), cheltuielile de amortizare a mijloacelor fixe inclusiv cheltuielile diverse (C_{dvm}). Cea de a doua categorie de cheltuieli cuprinde: cheltuielile cu retribuția (C_{rt}), cheltuielile pentru contribuția de asigurări sociale (C_{cas}), cheltuielile pentru acoperirea taxelor asupra terenului (C_{ft}) plus cheltuielile cu tehnica nouă (C_{tn}) inclusiv cheltuielile diverse și neprevăzute (C_{npv}). Suma cheltuielilor pe articole de calculație cuprinde: cheltuielile directe (C_{dr}) ,compuse din cheltuielile cu materiile prime și materialele directe din care se scad economiile obținute la valorificarea deșeurilor plus cheltuielile cu retribuția personalului direct productiv (C_{rd}). Mai intervin în suma (S_{ch}^{ac}) următoarele categorii de cheltuieli.

— cheltuielile cu întreținerea și repararea utilajului (C_{ir});
— cheltuielile generale ale secțiilor de producție (C_{gs});
— cheltuielile generale ale întreprinderii (C_{gi});
— cheltuielile pentru taxe asupra terenului;
— cheltuielile cu rebuturile de piese (C_{rb});

Scanned with OKEN Scanner

— cheltuielile de desfacere (C_{ds});
— cheltuielile cu tehnica nouă (C_{tn}) plus cheltuielile diverse și neprevăzute (C_{dnp}).

Dacă se urmărește determinarea costurilor specifice de producție la nivelul secției (C_{sp}^{sec}), la nivelul sistemului industrial (C_{sp}^{sin}) și se calculează costul complet comercial folosindu-se clasificarea cheltuielilor pe elemente primare se pot utiliza următoarele categorii de relații:

$$\left.\begin{aligned} C_{sp}^{sec} &= (C_{dr} + C_{rd} + C_{ir} + C_{gs}); \\ C_{sp}^{sin} &= (C_{sp}^{sec} + C_{gi} + C_{fpt} + C_{rb}) \\ C_{sp}^{cc} &= (C_{sp}^{sin} + C_{ds} + C_{tn} + C_{dnp} + b) \text{ [lei/produs].} \end{aligned}\right\} \quad (4.4)$$

Modalitățile de determinare a costurilor diferă în funcție de metoda utilizată la calculul cheltuielilor totale. Pentru a scoate în evidență modul de aplicare a metodelor operative de calcul al costurilor de producție în cele ce urmează se vor prezenta principiile și elementele de structură pentru cinci căi de cuantificare a cheltuielilor generate de teoria costurilor aplicată în practica conducerii sistemelor industriale și anume: metoda normativă; metoda standard-cost; metoda cost-oră-mașină; metoda direct costing și metoda cercetării operaționale.

Metoda normativă urmărește calcularea cu anticipație a costurilor de producție pe bază normativelor și operează cu o serie de reguli pentru urmărirea și eliminarea abaterilor ce apar în producție față de costurile normate. Aplicarea acestei metode presupune cunoașterea fluxului informațional privind normativele de costuri curente și previzionale, organizarea urmăririi abaterilor față de calculația normativă și utilizarea unei tehnici operative de introducere a corecțiilor în structura costurilor normate precalculate. Calculația normativă se face în funcție de specificul procesului tehnologic, condițiile de producție de la fiecare loc de lucru, structura produselor analizate, conținutul normelor curente și previzionale și de tendințele de evoluție a costurilor specifice la nivelul întreprinderii respectiv a ramurii industriale analizate. Abaterile de la costurile normate se urmăresc periodic în vederea precizării produsului și a locului de lucru unde s-a produs modificarea cheltuielilor normate. După precizarea factorilor care contribuie la modificarea costurilor normate se introduce în circuitul informațional al întreprinderii setul perturbator de cauze în vederea preîntîmpinării acțiunilor care duc la mărirea costurilor normate. Costurile de producție determinate cu metoda normativă au următoarea structură:

$$C_{ef} = (C_{nt} \pm C_{mn} \pm C_{an}) \quad \text{[lei/produs].} \quad (4.5)$$

în care: C_{ef} este costul efectiv; C_{nt} — costul normat; C_{mn} — costul introdus de modificările normelor; C_{an} — costul generat de abaterile de la norme.

Metoda normativă deși mărește numărul operațiilor de calcul are o serie de avantaje printre care menționăm: asigurarea unui control eficient asupra costurilor și crearea de condiții operative pentru construirea deciziilor de conducere rațională a producției. Totodată metoda creează o bază organi-

Scanned with OKEN Scanner

zatorică a evidenței datelor de producție și legarea acesteia de sectorul tehnic și cel economic al întreprinderii în vederea luării măsurilor ce permit menținerea costurilor normate la nivelul antecalculat sau implementarea unor măsuri care să reducă costurile normate de producție.

Întrucît sistemele industriale de producție pot dispune de serviciile calculatoarelor electronice care preiau prin intermediul programelor volumul relativ mare de calcule din cadrul metodei normative de determinare a costurilor, este de așteptat ca prin intermediul celor trei funcții și anume stabilirea costurilor normate, urmărirea abaterilor de la norme și diminuarea cauzelor de creștere a costurilor, metoda normativă să fie utilizată curent în practica conducerii sistemelor industriale din țara noastră.

Metoda standart-cost diferă de metoda normativă sub aspectul rezultatelor finale care apar la determinarea costurilor totale. Structura cheltuielilor după aceasta metodă arată astfel;

$$C_i^{st} = (C_{mat}^{dr} + C_{mnp}^{dr} + C_{gs} + C_{ji} + C_{dvn}) \qquad (4.6)$$

în care: C_i^{st} reprezintă cheltuielile totale antecalculate după metoda standard-cost; C_{mnt}^{r} — cheltuielile cu materialele directe; C_{mnp}^{dr} — cheltuielile directe cu manopera; C_{gs}; C_{ji} — cheltuielile generale ale secției (s) și ale întreprinderii (i); C_{drm} — cheltuielile diverse și neprevăzute.

Costul standard se poate utiliza atît ca etalon de măsură a costului efectiv realizat cît și ca instrument de precizare a condițiilor în care trebuie să se desfășoare producția.

Metoda standard-cost se aplică în practică în următoarele variante: varianta standard parțial-cost; varianta standard unic-cost și varianta standard-cost cu dublă înregistrare.

Variantele *standard cost-parțial* și *standard-cost unic* urmăresc înregistrarea abaterilor de la costurile precalculate și arată căile de eliminare a perturbațiilor.

În varianta *standard-cost cu dublă înregistrare* nu se urmăresc abaterile, dar se calculează indicii de eficiență privind îndeplinirea costurilor precalculate. Astfel se înregistrează atît costurile standard cît și cele efectiv utilizate și prin compararea lor se pot deduce indicii de eficiență pentru îmbunătățirea activității.

Metoda standard-cost prezintă o serie de avantaje din care reținatenția următoarele: cunoașterea în detaliu și cu anticipație a costurilor, ceea ce permite crearea de condiții pentru aplicarea lor rațională în producție; stabilirea criteriilor obiective de creștere a eficienței activității prin compararea costurilor standard cu costurile efective realizate în producție; organizarea unui flux informațional privind abaterile de la costurile standard pe locuri de muncă și cauze perturbatoare și conturarea căilor de construire a unui set de decizii pentru prevenirea abaterilor de la costurile standard; asigurarea unui control riguros asupra producției și stabilirea responsabilității pe executanți pentru abaterile de la costurile standard care apar în producție; dezvoltarea activității de analiză a producției și de stabilire a costurilor previzionale precum și crearea de condiții privind creșterea rentabilității producției la nivelul întregului sistem.

Scanned with OKEN Scanner

Aplicarea metodei standard-cost implică rezolvarea următoarelor probleme: calcularea standardelor fizice și valorice de materiale și manoperă pe baza normelor de timp și a normelor de consum pe fiecare reper și produs, calcularea cheltuielilor directe și evidențierea cheltuielilor de regie pentru secțiile de producție și pentru întreprindere, organizarea evidenței abaterilor pe locuri de lucru și determinarea cauzelor care contribuie la creșterea costurilor standard.

Metoda standard-cost asigură prin informațiile de care dispune un control permanent asupra activității tehnico-economice a întreprinderii analizate și o reglare a producției în concordanță cu scopul urmărit. Totodată pe baza acestei metode se pot fundamenta temeinic indicatorii de eficiență încă din faza de elaborare a documentației tehnico-economice privind conceperea, montajul și exploatarea sistemelor industriale în perspectivă.

Metoda cost-oră-mașină operează cu suma costurilor necesare pentru funcționarea unei anumite mașini sau a unui grup de utilaje timp de o oră. Costul cuprinde suma cheltuielilor directe și indirecte ocazionate de fabricarea unui produs sau executarea unei lucrări la o anumită mașină sau grup de utilaje fără a lua în considerație costul materialelor. Dacă la acest cost se adaugă costul materialelor atunci modelul matematic se determină astfel:

$$C_i^{tmh} = (C_{sp}^{tmh} \cdot t_e + C_{mat}) = (C_{fize}^{prl} + C_{var}^{prl} + C_{mat}) \qquad (4.7)$$

în care: C_i^{tmh} este costul total; C_{sp}^{tmh} — costul orar pentru o mașină sau pentru un grup de utilaje; t_e — timpul de lucru în ore a unei mașini respectiv a unui grup de utilaje analizate; $C_{fise}^{prl} \cdot C_{var}^{prl}$ — — costuri fixe și costuri variabile de prelucrare.

Pentru aplicarea acestei metode este necesar să se stabilească cu precizie costul orar al funcționării unei mașini, respectiv să se repartizeze judicios costurile indirecte pe fiecare grup de utilaje astfel ca fiecare mașină să preia numai cheltuielile ocazionate de funcționarea ei.

Metoda cost-mașină-oră se poate aplica încă din faza planificării costurilor dacă se rezolvă în prealabil următoarele probleme: delimitarea centrelor de producție și gruparea mașinilor după caracteristicile lor tehnologice, determinarea suprafețelor de lucru și a timpului de funcționare a mașinilor din cadrul fiecărui centru de producție, repartizarea costurilor pe centrele de producție prestabilite, calcularea cheltuielilor pe fiecare mașină și compararea rezultatului cu datele experimentale.

Avantajele metodei cost-mașină-oră se pot sistematiza astfel: metoda permite urmărirea utilizării raționale a capacităților de producție scoțînd în evidență mașinile și utilajele slab încărcate; asigură folosirea integrală a timpului de lucru normat prin eliminarea cauzelor care generează întreruperi; permite repartizarea rațională a lucrărilor pe mașini și a costurilor pe operații; furnizează informații necesare elaborării optimale a documentației tehnico-economice, în sensul că orientează alegerea celor mai eficiente utilaje pentru proiectarea unor noi sisteme de producție sau dezvoltatrea celor în funcțiune.

Metoda direct-costing urmărește calcularea cheltuielilor numai pe baza costurilor variabile adică a costurilor care variază direct proporțional cu volumul producției. Costurile variabile cuprind *costuri directe* (materiale, manoperă, energie pentru scopuri tehnologice etc.) și *costuri indirecte* (combustibil pentru încălzit, contribuții la asigurări sociale etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Modelele de stabilire a costurilor prin această metodă au următoarele forme:

$$C_{sp}^{dc} = \frac{C_v^{dr}}{V_p} + \frac{C_v^{id}}{V_p} + \frac{C_{dnp}}{V_p}; \quad C_t^{dc} = q_{sp}^{dc} N_p \cdot c_{sp}^{dc} \tag{4.8}$$

în care: C_{sp}^{dc} este costul pe unitatea de produs; C_t^{dc} — costul total $= V_p \cdot C_{sp}^{dc} = q_{sp}^{dc} \cdot N_p \cdot c_{sp}^{dc}$; C_V^{dr} — cheltuielile variabile directe; C_V^{id} — cheltuielile variabile indirecte; C_{dnp} — cheltuielile diverse și neprevăzute; V_p — volumul producției $= q_{sp}^{dc} \cdot N_p$; q_{sp}^{dc} — consumul specific pe unitatea de produs; N_p — numărul unităților ce trebuie produse.

Separarea costurilor variabile din costurile totale, respectiv împărțirea costurilor totale în costuri variabile și costuri fixe, se face pe baza cheilor stabilite experimental.

Costurile fixe nu se iau în considerație la calculul costurilor specifice ale produselor. Ele se acoperă din beneficii la sfîrșitul perioadei de producție.

Metoda direct-costing are următoarele avantaje:

— asigură reglarea producției în funcție de posibilitățile de valorificare a produselor ceea ce permite reflectarea concepției sistemice de legare a producției cu consumul;

— simplifică calculația prin faptul că nu se determină costurile fixe ci numai costurile variabile;

— asigură cele mai relevante informații pentru construirea deciziilor pe termen scurt.

Aplicarea în practică a acestei metode reclamă: definirea criteriilor după care se pot împărți cheltuielile totale în costuri variabile și fixe; stabilirea metodologiei de calculație a costurilor variabile și a celor fixe; precizarea locurilor generatoare de costuri fixe și a condițiilor de aplicare a metodei direct-costing. Optica nouă de conducere a unui sistem industrial pe baza corelației elementelor de ieșire cu cele de intrare reclamă analiza în detaliu a produselor livrate și vîndute de o întreprindere. În această idee metoda direct-costing arată calea prin care fiecare produs fabricat contribuie la creșterea beneficiului scoțîndu-se în evidență eficiența metodelor de producție și a tehnicilor de conducere a sistemului analizat.

Metoda cercetării operaționale bazată pe „costuri umbră" se poate aplica în practică fie pe baza modelelor programării liniare duale fie în maniera cercetării sistemice a fenomenelor.

„Costul umbră" arată cu cît poate crește beneficiul întreprinderii cînd se mărește disponibilul de resurse cu o unitate convențională prestabilită. Aplicarea cercetării operaționale la determinarea sistemică a costurilor se face utilizînd modelele de cuantificare a cheltuielilor expuse în cap. 2 și 3 ale lucrării. Dacă se face suma acestor cheltuieli pe întreaga suită de teorii ale cercetării operaționale și se raportează la volumul producției se obține costul producției atît la nivelul fiecărui loc de lucru cît și la diverse nivele de legătură a producției cu consumatorii.

Metodele previzionale de determinare a costurilor operează cu modele matematice liniare și exponențiale de forma:

$$Y_r = ax_1 + bx_2 + c; \quad Y_e = k \cdot x_1^a \cdot x_2^b \tag{4.9}$$

în care: Y_r; Y_e sînt costurile previzionale în manieră regresională (cu doi factori de influență) (Y_r) și în manieră exponențială (Y_e); a,b,c,k — constante ale procesului de producție; x_1; x_2 — — factori de influență.

Pentru verificarea fidelității unor asemenea modele față de realitate se calculează coeficienții de corelație cu expresii de forma:

$$\left.\begin{aligned} r_r &= \sqrt{1 - \frac{\sum_i (Y_i - Y_{ri})^2}{\sum_i (Y_i - \overline{Y})}}\,; \\ r_e &= \sqrt{1 - \frac{\sum_i (Y_i - Y_{ei})^2}{\sum_i (Y_i - \overline{Y})}}\,, \end{aligned}\right\} \tag{4.10}$$

în care: r_r, r_e sînt coeficienții de corelație pentru modele de regresie (r_r) și pentru modele exponențiale (r_e) · Y_i — modelul baza pe date măsurate; $\overline{Y}$ — valoarea medie a mărimilor de costuri; Y_{ri}; Y_{ei} — valorile obținute cu ajutorul modelelor de prognoză.

Cu cît coeficienții de corelație sînt mai aproape de unitate cu atît, gradul de fidelitate a modelului de prognoză față de realitate este mai mare.

4.2. *Modele în teoria costurilor pentru producția de energie*

Modelele matematice pentru determinarea costurilor produselor de la nivelul sistemelor de energie pot fi construite pe faze ale procesului de elaborare și realizare a obiectivelor industriale și anume: modele de costuri la nivelul cercetării și proiectării obiectivului, modele la nivelul montajului instalațiilor energetice și modele la nivelul exploatării și dezvoltării sistemelor energetice.

Relațiile operative de calcul pentru aplicarea concepției sistemice la determinarea costurilor se pot scrie sub următoarele forme:

$$\left.\begin{aligned} p_c^{cp} &= C_{sp}^{cp} = \frac{Z_{if}^{cp} + Z_{iv}^{cp}}{V_i^{cp}} \\ p_c^{cm} &= C_{sp}^{cm} = \frac{(Z_{if}^{cm} + Z_{iv}^{cm})}{V_i^{cm}} \\ p_c^{exd} &= C_{sp}^{exd} = \frac{Z_{if}^{exl} + Z_{iv}^{exd}}{V_p^{exd}}\,; \\ p_c^{td} &= C_{sp}^{td} = \frac{Z_{if}^{td} + Z_{iv}^{td}}{V_p^{td}} \\ p_c^{total} &= p_c^{cp} + p_c^{cm} + p_c^{exd} + p_c^{td} \end{aligned}\right\} \tag{4.11}$$

în care: p_c^{cp}; c_{sp}^{cp} sînt costurile specifice de producție la nivelul proiectării obiectivului; p_c^{cm}; C_{sp}^{cm} — costurile specifice de producție la nivelul montajului instalațiilor; p_c^{exd}; c_{sp}^{exd} — costurile specifice de producție la nivelul exploatării și dezvoltării sistemelor de producție; p_c^{td}; C_{sp}^{td} — — costurile la nivelul transportului și distribuției energiei; Z_i — cheltuielile totale compuse din cheltuieli variabile (Z_{iv}) și cheltuieli fixe (Z_{if}); V_p — volumul producției la cele patru nivele cercetare-proiectare (cp); construcții montaj; exploatare-dezvoltare și transport-distribuție;

Scanned with OKEN Scanner

Structura cheltuielilor care intervin la calculul mărimii (Z_t) se poate determina atît pe calea „clasică" cît și pe calea cercetării operaționale. Pe prima cale se determină următoarele categorii de cheltuieli: cheltuielile cu combustibilul tehnologic și pentru încălzire; cheltuielile cu retribuția și cele cu contribuțiile asupra retribuției; cheltuielile cu reparația și întreținerea utilajului; cheltuielile cu amortizarea fondurilor fixe; cheltuielile generale (pază, deplasări, impozite, locații, telecomunicații, anticipație, protecția muncii etc.); cheltuielile diverse (tehnica nouă, organizarea și conducerea producției, chimicale, neprevăzute etc.).

Cheltuielile în maniera cercetării operaționale cuprind: cheltuielile cu combustibilul, apa, și energia, inclusiv costul stocării și așteptării, cheltuielile cu echipamentele și ordonanțarea producției; cheltuielile cu ingineria umană și cele ocazionate de teoria căutării, cheltuielile generale (diverse și neprevăzute, control etc.) și cheltuielile cu prognoza și decizia.

Pentru determinarea costului producției la nivelul unui sistem de energie se pot folosi relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} p^e_{cs_1} &= C^e_{sps_1} = \sum_{i=0} (1+p_n)^{-i}\left[\frac{Z^{cp}}{K_1 V_{cp}} + \frac{Z^{cm}}{K_2 V_{cm}} + \frac{Z^{exd}}{E_p} + \frac{Z^{td}}{E_{td}}\right]; \\ p^e_{cs_2} &= C^e_{sp_2} = \left[\sum_i \sum_f \frac{Z_{if}}{E_{if}} (1+p_n)^{-i}\right]; \\ p^e_{cs_3} &= C^e_{sp_3} = \sum_f \frac{Z_{cf}}{E_{cf}} = \left[\sum_f \frac{(C_v + C_c)_f}{E_{cf}} + p_n \sum_f \frac{(I_v + I_c)_f}{E_{cf}}\right] = \\ &= \left[\frac{C_t}{E_{ct}} + p_n \frac{I_t}{E_{ct}}\right]. \end{aligned}\right\} \quad (4.12)$$

Dacă la aceste costuri se adaugă beneficiul planificat se obține tariful energiei impus de furnizor consumatorilor din sistem.

În relațiile (4.12) intervin următoarele mărimi: $p^e_{cs_{1,2,3}}$ sînt costuri specifice de producție din cadrul sistemelor de energie ($C^e_{sp_{1,2,3}}$); Z^{cp}; Z^{cm}; Z^{exd}; Z^{td} — cheltuielile totale pe fazele cercetare-proiectare (cp), construcții-montaj (cm), exploatare-dezvoltare (exd) și transport-distribuție (td); K_1; K_2 — coeficienți de transformare a lucrărilor de cercetare-proiectare (V_{cp}) și construcții-montaj (V_{cm}) în unități echivalente de energie; E_p; E_{td} — energiile produse și cele transportate în perioada $i = (0 \ldots . n)$; Z_{if} — cheltuielile totale pe perioada (i) și faza (f) prin care trece sistemul de la proiectare la exploatare; Z_{cf} — cheltuielile de calcul pentru un an de exploatare a sistemului considerat; C_v; C_c; I_v; I_c — cheltuielile și investițiile variabile (v) și constante (c); p_n — coeficientul de eficiență economică; E_{cf} — energia produsă pe fazele (f) ale sistemului și în anul (c) de calcul al costului producției de energie.

Costurile specifice de producție a energiei se determină pentru diverse tipuri de centrale electrice: CTE, CHE, CNE, CET etc. cu relații generale de forma:

$$\left.\begin{aligned} C^{CTE}_{sp} &= \frac{Z^{CTE}_t}{E^{CTE}_p}; \quad C^{CHE}_{sp} = \frac{Z^{CHE}_t}{E^{CHE}_p}; \quad C^{CNE}_{sp} = \frac{Z^{CNE}_t}{E^{CNE}_p}; \\ C^{CET}_{sp_e} &= \frac{Z^{CET}_{te}}{E^{CET}_p}; \quad C^{CET}_{sp_q} = \frac{Z^{CET}_{tQ}}{Q^{CET}_p}. \end{aligned}\right\} \quad (4.13)$$

Structura cheltuielilor și a investițiilor în maniera cercetării operaționale arată astfel:

$$\left.\begin{aligned} C_t &= C_{sa} + C_{eo} + C_{imc} + C_{pr} + C_{dd} + C_{eh} + C_{dnp}; \\ I_t &= I_{sa} + I_{eo} + I_{imc} + I_{pr} + I_{dd} + I_{eh} + I_{dnp}. \end{aligned}\right\} \qquad (4.14)$$

În relațiile (4.13)(4.14) intervin următoarele mărimi: C_{sp} este costul specific de producție pentru centrale termoelectrice (CTE); centrale hidroelectrice (CHE); centrale nuclearo-electrice (CNE) și centrale electrice de termoficare; (CET) Z_t — cheltuielile totale pentru diferite tipuri de centrale (CTE, CHE, CNE, CET); E_p — energia produsă la nivelul centralelor electrice (CTE, CHE; CNE; CET); Q_p — căldura produsă în centralele electrice de termoficare analizate (CET); C_t; I_t sînt cheltuielile și investițiile în centralele electrice cercetate (CTE, CHE, CNE, CET); C_{sa} — cheltuielile cu combustibilul plus cele cu gestiunea resurselor și cele cu așteptarea. În cazul centralelor hidroelectrice cheltuielile cu combustibilul sînt egale cu zero cînd nu se cumpără apa. Aceste cheltuieli au caracter variabil fiind direct proporționale cu energia produsă; C_{eo} — — cheltuielile ocazionate de teoria echipamentelor și teoria ordonanțării. O parte din cadrul acestor cheltuieli și anume cele cu întreținerea, repararea și amortizarea utilajului au caracter constant, iar o altă parte (cele legate de consumul de combustibil și de variația stocurilor) au caracter variabil; C_{imc} — cheltuielile cu ingineria umană și cu aplicarea teoriei căutării la controlul activității. Aceste cheltuieli au caracter constant deoarece nu variază direct proporțional cu producția de energie; C_{pr} — cheltuielile cu prognoza; C_{dd} — cheltuielile cu decizia; C_{eh} — cheltuielile de echivalare; C_{dnp} — cheltuielile diverse și neprevăzute.

Cheltuielile (C_{pr}, C_{dd}; C_{eh}; C_{dnp}) au componente variabile și componente constante. Componentele dependente direct de producție respectiv de combustibil au caracter variabil. Celelalte se trec la setul de cheltuieli cu caracter constant; I — investițiile diferențiate pe diverse activități din cadrul unui sistem de energie (stocare-așteptare, echipamente-ordonanțare ingineriei-umană căutare, prognoză-decizie, echivalare-neprevăzute).

Metodele pentru defalcarea cheltuielilor din cadrul unei centrale electrice de termoficare în cheltuieli cu caracter variabil și în cheltuieli cu caracter constant se împart în două grupe și anume: grupa metodelor semiobiective, reprezentate prin metodele echivalenței de producție a energiei electrice și a energiei termice, metoda fizică și metoda Sribner, și grupa metodelor obiective [36, 112]. Spre deosebire de prima grupă care operează cu metode ce împart cheltuielile totale în două componente (variabile și constante), grupa a doua operează cu metoda obiectivă care împarte cheltuielile din cadrul unei centrale electrice de termoficare în trei componente: cheltuieli variabile (C_V), cheltuieli fixe (C_F) și cheltuieli rest (C_R). Apoi grupul ($C_V + C_R$) se împarte pe producția de energie electrică și termică prin intermediul cheilor de energie (Y_t) iar cheltuielile fixe se alocă producției de energie electrică respectiv termică cu ajutorul cheilor de putere (K_p). Dacă se face defalcarea cheltuielilor după tehnica propusă în literatură [36, 112] se pot determina costurile unitare ale producției de energie electrică (E_p) respectiv pentru producția de căldură (Q_p) cu relații de forma:

$$\left.\begin{aligned} C^e_{sp} &= \frac{Y^e_t(C_V + C_R) + C^{ee}_F + K^e_p C^{et}_F + p_n I^{ee}_t}{E_p} \quad \text{[lei/GWh]}; \\ C^Q_{sp} &= \frac{Y^t_t(C_V + C_R) + C^{tt}_F + K^t_p C^{et}_F + p_n I^{tt}_t}{Q_p} \quad \text{[lei/Gcal]}. \end{aligned}\right\} \qquad (4.15)$$

în care: C^e_{sp}; C^Q_{sp} sînt costurile specifice pentru energia electrică (e) respectiv pentru căldură (Q); C^{ee}_F; C^{tt}_F — cheltuielile exclusiv electrice (ee) și totalmente termice (tt); C^{et}_F — cheltuielile fixe comune producției de energie electrică (e) și energiei termice (t); I^{ee}_t; I^{tt}_t — investițiile pentru

utilajul necesar producerii energiei electrice (*ee*) respectiv pentru producerea energiei termice (*tt*); Y_i^e; Y_i^t — cheile de energie pentru energie electrică (*e*) și termică (*t*); K_p^t; K_p^t — cheile de putere pentru energia electrică (*e*) și termică (*t*); E_p; Q_p — energiile produse electrice (E_p) și termice (Q_p).

Întrucît centralele electrice de termoficare pot oferi consumatorilor energie electrică, energie-termică, apă tratată, apă industrială și cenușă iar celelalte tipuri de centrale livrează consumatorilor energie electrică prin intermediul sistemului de energie, se calculează tarifele cu relații generale de forma:

$$\left.\begin{aligned} t_e = C_{sp}^e + B = \left(\frac{Z_{ie}^{ee}}{E_e} + B\right);\ t_Q = C_{sp}^Q + B = \left(\frac{Z_{it}^{ee}}{Q_e} + B\right) \\ t_{at} = (C_{sp}^{at} + B);\quad t_a = (C_{sp}^{ai} + B);\quad t_c = (C_{sp}^c + B) \end{aligned}\right\} \qquad (4.16)$$

în care: t_e; t_Q; t_{at}; t_{at}; t_c sînt tarifele pentru energie electrică (*e*), termică (Q), apă tratată (*at*), apă industrială (*ai*) și cenușă (*c*); C_{sp} — costurile specifice pentru energie electrică (C_{sp}^e), pentru energie termică (C_{sp}^Q) pentru apă tratată (C_{sp}^{at}), pentru apă industrială (C_{sp}^{ai}) și pentru cenușă (C_{sp}^c); B — beneficiul planificat; Z_{ie}^{ee}, Z_{it}^{ee} — cheltuielile totale pentru producția de energie electrică (*e*) și pentru energia termică produsă (*t*).

Întrucît legătura dintre producție și consum se realizează prin intermediul sistemelor de energie este firesc ca tarifele să reflecte fidel realitatea la nivelul sistemului.

Structura tarifelor pentru energia electrică pentru sisteme energetice dezvoltate arată astfel:

$$\left.\begin{aligned} t_{ge} = \left[\frac{K_b}{E_e}\right][C_1P_i + C_2S_r + C_3N_c + C_4E_a + C_5E_r] \\ t_m = \frac{F_m}{E_m};\quad t_b = \frac{A}{t} + t_x^e \quad t_p = \frac{F_{ps}}{E_p};\quad t_t = \frac{F_t}{E_t} \end{aligned}\right\} \qquad (4.17)$$

în care: t_{ge} este tariful general polinomial; K_b — coeficient pentru luarea în considerație a beneficiului; $(C_1 \div C_5)$ — coeficienți pentru unitățile de măsură care permit calcularea termenilor în unități valorice; P_i — puterea instalată; S_r — puterea racordată; N_c — numărul de locuitori; E_a; E_r — energiile active (E_a) și reactive (E_r); t_m — tariful monom; F_m — factura în monom; E_m — energia consumată; t_b — tariful binom; A — taxa de putere; t_x^e — taxa de energie; t_p — tariful paușal calculat ca raportul dintre factura în paușal (F_p) și energia consumată (E_p); t_t — tariful în tranșă care se calculează pentru fiecare tranșă în parte ca raportul dintre factura (F_t) și energia consumată (E_t).

În unele țări tariful în tranșă se aplică pentru trei tranșe și anume: forță, iluminat, consum de zi și pentru consumul de noapte.

Tariful binom se aplică pentru consumatori cu o putere instalată sau racordată mai mare de 50 kW. Dacă consumatorii au o putere instalată sau racordată mai mică de 50 kW ei cad sub incidența tarifului monom. Tariful paușal se aplică în două situații și anume: cînd nu există contoare montate la consumator și cînd în sistem există apă suplimentară acumulată, în lacurile centralelor hidroelectrice, care trebuie consumată. Tariful în tranșe se aplică la nivelul consumatorilor casnici.

Schemele logice pentru calcularea costurilor și pentru stabilirea tarifelor cu care revine energia consumatorilor se pot urmări pe fig. 4.1 și fig. 4.2.

Scanned with OKEN Scanner

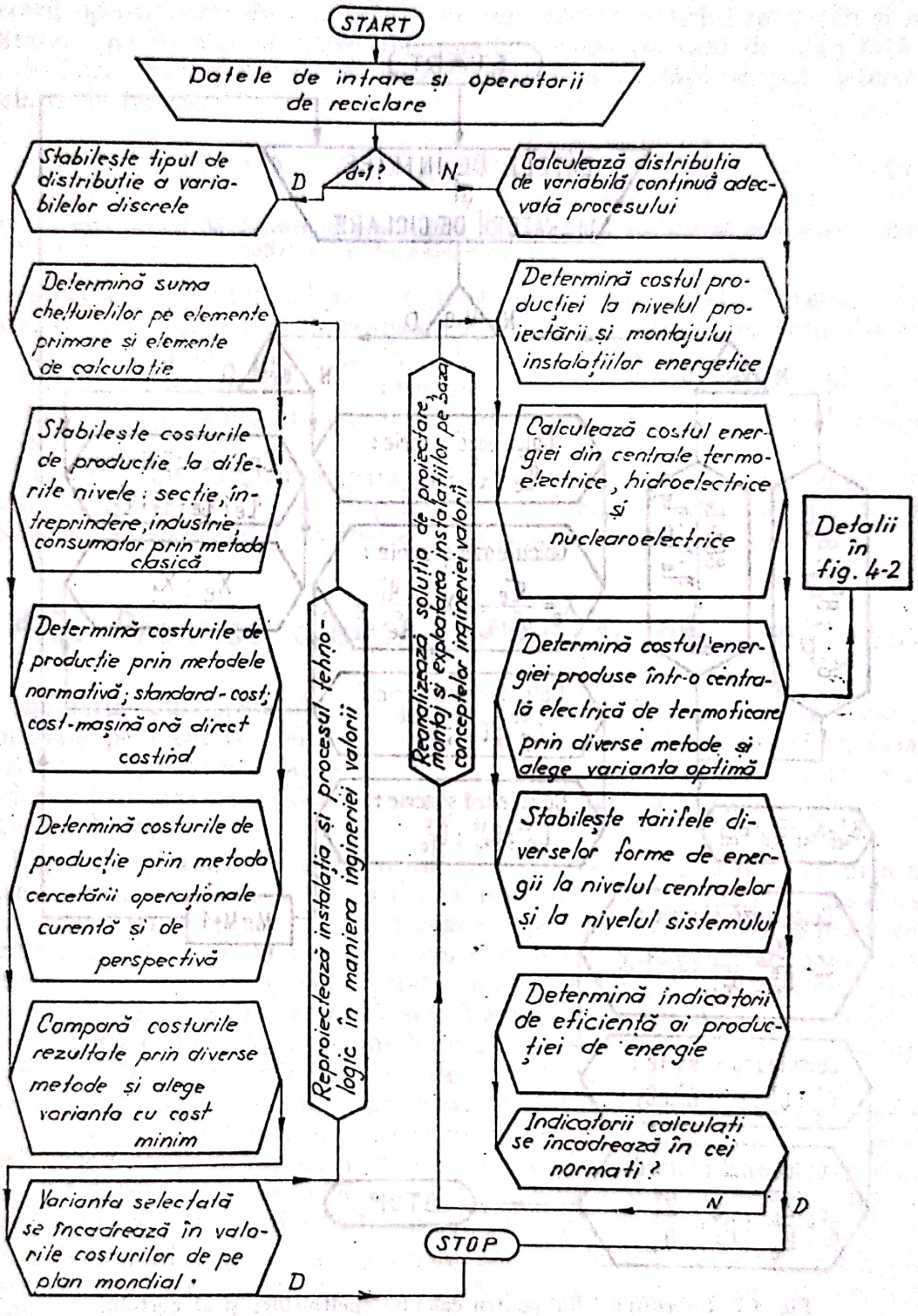


Fig. 4.1. Schemă logică de calcul al costurilor pe baza celor mai reprezentative metode ale ingineriei sistemelor.

Scanned with OKEN Scanner

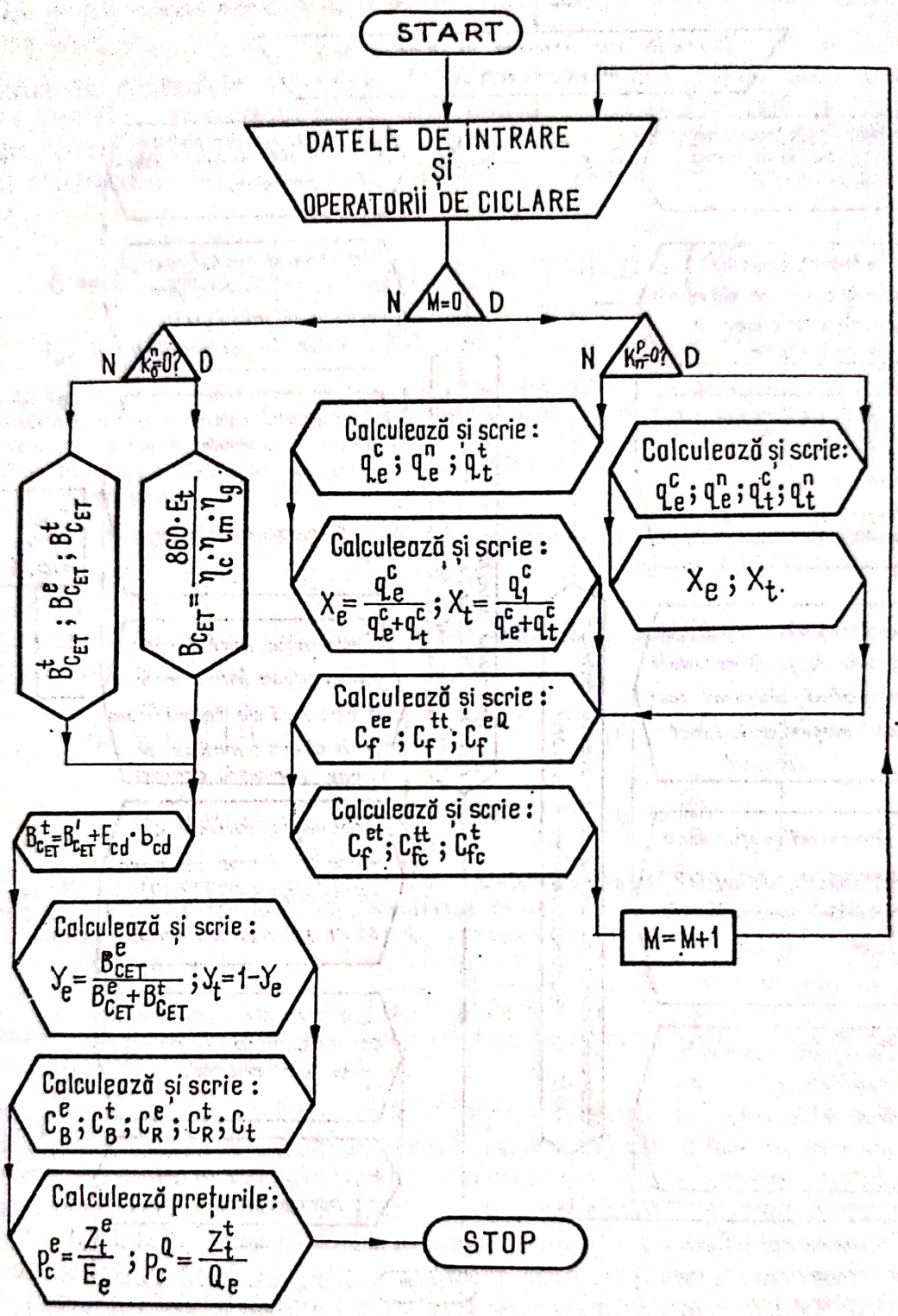


Fig. 4.2. Subrutina CET pentru calculul cheltuielilor și al costului energiei din cadrul unei centrale electrice de termoficare.

Scanned with OKEN Scanner

Concepţia sistemică în prezentarea fenomenelor modelate în maniera cercetării operaţionale duce la soluţii optime dacă beneficiul total (B) şi rentabilitatea (R) la nivelul sistemului analizat cresc în anul de plan faţă de anul de bază. Aceşti indicatori de eficienţă ai activităţii se pot determina cu relaţii de forma:

$$B = [(p_v - C_{sp})\, V_p]; \quad R\% = \left[\frac{B}{V_p C_{sp}} 100\right] \tag{4.18}$$

în care: p_v este preţul de vînzare al producţiei; C_{sp} — costul specific al producţiei realizate; V_p — volumul producţiei realizate în decursul unui an.

Datorită progresului tehnic o serie de produse şi instalaţii trebuie reproiectate. Reproiectarea trebuie realizată optimal respectînd concepţia sistemică de încadrare a noilor instalaţii în cadrul sistemului.

Modelele pentru determinarea soluţiei optime trebuie concepute în maniera cercetării operaţionale şi trebuie transpuse în programe de calcul al indicatorilor de eficienţă.

În acest scop, în ultimul paragraf al lucrări, se vor face o serie de consideraţii pentru găsirea soluţiei optime de reproiectare a instalaţiilor pe baza conceptelor şi premiselor ingineriei şi analizei valorii.

4.3. *Premise ale ingineriei şi analizei valorii*

Ingineria şi analiza valorii constituie o metodă de conducere a sistemelor industriale pe baza teoriei costurilor. Ingineria valorii se aplică în faza de cercetare-proiectare-montaj a sistemelor industriale noi iar analiza valorii se foloseşte în faza de exploatare a instalaţiilor din cadrul sistemelor de producţie în funcţiune.

Ingineria şi analiza valorii urmăresc atît reducerea costurilor prin micşorarea consumurilor specifice şi prin diminuarea cheltuielilor de orice fel pe baza concepţiei optimale de soluţionare a problemelor teoretico-practice cît şi creşterea valorii economice a produselor şi a instalaţiilor noi şi a celor în funcţiune. Valoarea economică a produselor şi a instalaţiilor se referă la valoarea de întrebuinţare, valoarea estetică şi valoarea de schimb. Valoarea de întrebuinţare reflectă proprietăţile produselor şi ale instalaţiilor care satisfac o anumită necesitate. Valoarea estetică cuprinde caracteristicile produselor care le fac dorite iar valoarea de schimb înglobează calităţile produsului sau a instalaţiei care înlesneşte schimbarea lor cu alte produse şi instalaţii. Ingineria şi analiza valorii urmăresc imprimarea unei linii noi de gîndire în conceperea şi exploatarea instalaţiilor prin reproiectarea lor continuă şi prin asigurarea unei funcţionări optimale pe baza următoarelor principii:

— Principiul concepţiei sistemice de abordare a fenomenelor conform căruia fiecare obiectiv trebuie proiectat şi analizat în raport cu ansamblul instalaţiei în care va funcţiona.

— Principiul concepţiei funcţionale a produselor şi a instalaţiilor conform căruia funcţiile obiective ale produselor trebuie să aibă o pondere mare în

Scanned with OKEN Scanner

cadrul instalației în raport cu cele subiective. Deci dimensionarea produselor și a instalațiilor trebuie făcută pe baza funcțiilor sale care derivă din necesitatea socială atît sub aspect tehnic cît și sub aspect economic.

— Principiul echilibrării costului cu valoarea de întrebuințare a produselor, respectiv a instalațiilor noi și a celor în funcțiune. Acest principiu se aplică în ideea maximizării raportului dintre valoarea de întrebuințare și costul produsului cercetat sau a minimizării raportului dintre costul produsului și valoarea sa de întrebuințare.

Aplicarea ingineriei și analizei valorii în producție reclamă parcurgerea următoarelor faze de lucru:

— faza de informare și de creație;

— faza de evaluare a variantelor și de alegere a soluției optime;

— faza de implementare rațională în practică a produsului și a instalației cercetate.

Pe baza ingineriei și analizei valorii produselor, se urmărește eliminarea costurilor nejustificate la proiectarea și exploatarea instalațiilor și obținerea unei legături mai juste între dimensiunile tehnice ale produselor și valoarea lor economică. Acest deziderat se poate realiza pe două căi și anume: modelarea fenomenelor în maniera cercetării operaționale, inclusiv găsirea celui mai fidel model matematic pentru reprezentarea produsului și organizarea activității productive pentru reducerea atît a cheltuielilor cu materiale (prin micșorarea consumurilor specifice) cît și a celorlalte cheltuieli din structura costurilor de producție.

În vederea creșterii eficienței activității din cadrul sistemelor industriale pe baza ingineriei și analizei valorii se recomandă reproiectarea continuă a produselor și instalațiilor și înființarea unor servicii funcționale la nivelul întreprinderilor care să analizeze regimurile de lucru la nivelul secțiilor de producție în vederea reducerii consumurilor specifice de materiale și energie și să recomande căi de micșorare operativă a costurilor.

4.3.1. Premisele ingineriei valorii cu aplicații la proiectarea instalațiilor industriale

Aplicarea premiselor ingineriei valorii la proiectarea instalațiilor se face respectînd principiile și fazele de lucru ale acestei metode de conducere a sistemelor industriale. Astfel principiul concepției sistemice de abordare a fenomenelor din cadrul unui sistem de energie se aplică începînd cu nivelul consumatorului nou proiectat și terminînd cu dimensionarea sursei de acoperire cu combustibil a cererii de energie. Încadrarea noii instalații în sistem se face atît la nivelul liniilor și stațiilor cît și la nivelul centralelor electrice care trebuie să producă energia cerută de consumator. Principiul concepției funcționale urmărește creșterea fiabilității produselor și instalațiilor prin eliminarea cauzelor care pot genera întreruperea funcționării sistemelor de producție.

Produsele și instalațiile concepute sau reproiectate pe baza acestui principiu trebuie să aibă dimensiuni tehnice reduse și să prezinte calități sporite față de produsele similare în funcțiune. Principiul echilibrării costurilor cu

Scanned with OKEN Scanner

valoarea de întrebuințare a produselor permite stabilirea de relații noi între costuri, parametrii constructivi ai produselor și valoarea economică a acestora.

Atît principiile cît și fazele de lucru (informare-creație, evaluarea variantelor și selectarea soluției optime inclusiv implementarea soluției de proiect) se transpun în practică pe baza notei de comandă și a proiectelor de execuție realizate conform legislației în vigoare. Nota de comandă trebuie întocmită în baza studiilor de prognoză și a studiilor de profil și amplasament pentru fiecare instalație cercetată. Soluția optimă de proiect cuprinsă în nota de comandă se obține cu modelele operaționale expuse în cuprinsul lucrării de față.

Aplicarea ingineriei valorii la nivelul proiectării instalațiilor energetice din cadrul ramurii energiei electrice și termice s-a soldat cu economii (ciment, metal) și a reclamat introducerea în practică a unor direcții eficiente abordare a soluțiilor, cum ar fi:

— concepții noi în cercetarea și proiectarea construcțiilor și instalațiilor energetice;

— tehnologii și materiale noi în proiectarea și montajul construcțiilor și instalațiilor energetice;

— măsuri eficiente privind reducerea consumurilor specifice în industria energetică;

— modernizarea instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei;

— asimilarea de noi produse prin autodotare.

Printre măsurile concrete preconizate de institutele de cercetări și proiectări energetice (ICEMENERG, ISPE, ISPH etc.) din țara noastră pentru îmbunătățirea părților tehnologico-constructive a instalațiilor de producere și transport a energiei reținem atenția următoarele:

Centrale electrice:

— optimizarea evacuării gazelor din centrale;

— reproiectarea pe baze noi a turnurilor de răcire și folosirea materialelor plastice pentru structura lor internă;

— evacuarea uscată a zgurei și cenușii în locul evacuării umede;

— amplasarea în aer liber a unor echipamente;

— utilizarea unor materiale ușoare pentru acoperișurile și pereții centralelor electrice.

Stații și linii electrice:

— diminuarea distanțelor dielectrice de izolare și protecție;

— limitarea domeniilor de folosire a lanțurilor duble;

— scheme speciale pentru stații (scheme H, scheme poligon, eliminarea unor cuple de transfer și utilizarea unor cuple combinate etc.);

— reducerea numărului de transformatoare pentru injectarea puterii în sistem la 110 kV;

— reducerea înălțimii stîlpilor la liniile aeriene de înaltă tensiune;

— renunțarea la prizele artificiale de pămînt ale stîlpilor din zonele nelocuite.

Scanned with OKEN Scanner

În urma aplicării acestor măsuri s-au obținut la nivelul anului 1976 următoarele economii:

	total	*centrale*	*rețele*
— Economii la investiții, lei	$2{,}42 \cdot 10^9$	$1{,}71 \cdot 10^9$	$0{,}71 \cdot 10^9$
— Economii de ciment, t	$104 \cdot 10^3$	$99 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
— Economii de metal, t	$40{,}5 \cdot 10^3$	$36 \cdot 10^3$	$4{,}5 \cdot 10^3$

Sarcinile de reducere pentru perioada 1976—1980, rezultate în urma analizării studiilor de prognoză, cuprind:

— economii la investiții	$9{,}250 \cdot 10^9$ lei	23,8%
— economii de ciment	$239{,}5 \cdot 10^3$ t	35,8%
— economii de metal	$23{,}446 \cdot 10^6$ t	26,6%

Pentru transformarea acestei acțiuni într-o activitate permanentă este necesar să se treacă atît la înființarea unor compartimente de ingineria valorii la nivelul institutelor de cercetări și proiectări cît și la pregătirea cadrelor de specialiști în această nouă direcție de activitate. Pregătirea cadrelor se poate realiza prin cursuri postuniversitare de inginerie economică care să cuprindă o secție de ingineria valorii cu aplicații pe domenii de specialitate (energetică, construcții de mașini, chimie, metalurgie, transporturi etc.). Nu ar fi lipsită de interes înființarea unei secții noi de ingineria valorii în cadrul facultăților existente sau într-o facultate nouă de ingineria sistemelor industriale, care să pregătească ingineri la cursurile de zi în acest nou domeniu de specialitate.

4.3.2. Analiza valorii aplicată la exploatarea instalațiilor industriale

Analiza tehnico-economică a valorii este o metodă de conducere orientată către realizarea funcțiilor necesare pentru produse și instalații la un cost minim în condițiile creșterii aspectelor calitative și de livrare a bunurilor și instalațiilor industriale.

Analiza se face pe funcții ale produsului cu scopul reducerii costurilor și măririi valorii economice a acestuia. Reducerea costului se realizează în principal prin micșorarea consumurilor specifice de materiale și prin realizarea unor consumuri specifice de energie mai mici, în exploatarea instalațiilor care încorporează noul produs.

În vederea găsirii unor soluții eficiente din punct de vedere tehnico-economic pentru reproiectarea unor produse și pentru exploatarea lor rațională, analiza valorii operează cu metoda „chech-listelor". Această tehnică de lucru cuprinde liste cu întrebări privind modul în care se poate aborda optimizarea unei instalații sau cum se poate găsi cea mai eficientă soluție de realizare a unui produs.

Pentru abordarea instalațiilor energetice în maniera analizei valorii cu scopul reducerii cheltuielilor din structura costului, în anul de plan față de

anul de bază, trebuie avute în vedere particularităţile producerii, transportului şi distribuţiei energiei la nivelul sistemului energetic, cum ar fi:

— producţia este cvasisimultană cu consumul de energie;
— producerea se continuă cu transportul şi cu distribuţia energiei;
— centralele şi staţiile electrice sînt interconectate prin intermediul liniilor formînd un sistem energetic unitar;
— instalaţiile energetice se dimensionează pentru ora de vîrf a sistemului;
— sistemul energetic funcţionează economic prin corelarea măsurilor de reducere a pierderilor pe întregul lanţ tehnologic care leagă producătorul de consumator şi prin realizarea unui regim optim privind repartizarea sarcinilor de producţie pe fiecare centrală electrică a sistemului.

Aceste particularităţi înlesnesc aplicarea concepţiei sistemice de abordare a fenomenelor din sistem şi permit o reducere coordonată a costurilor de producere-transport şi distribuţie a energiei. Pe această cale se reduc atît costurile la nivelul fiecărei centrale electrice prin reducerea în principal a consumurilor de combustibil cît şi costurile transportului şi distribuţiei energiei la nivelul sistemului energetic.

Asigurarea unui mers economic al centralelor şi reţelelor din cadrul unui sistem energetic se face atît prin fixarea numărului raţional de centrale de bază (C T E, C E T pe cărbune, C H E pe firul apei) cît şi prin încărcarea acestora la sarcina optimă.

Exploatarea raţională a instalaţiilor permite reducerea consumurilor proprii tehnologice şi duce la micşorarea cheltuielilor de reparare a agregatelor energetice.

Combaterea risipei de energie la consumator atît prin depistarea cauzelor de pierdere cît şi prin încărcarea utilajelor la sarcini care reclamă cele mai mici consumuri de energie constituie o cale de reducere a cheltuielilor din structura preţurilor cu care revine energia la consumator.

Aplicarea analizei valorii la studiul structurii costurilor producţiei de energie electrică şi termică din cadrul unui sistem de energie urmăreşte atît reducerea cheltuielilor de producere-transport şi distribuţie a energiei cît şi creşterea efectului util la consumator a energiei livrate. Pe baza acestei metode s-au pus în evidenţă în tabelul 21 structuri ale costului energiei la nivelul sistemelor energetice.

Tabelul 21

Denumirea	C_{m+c}	C_{am}	C_{expl}	$C_{conducere}$
Energie electrică	50,7%	22,2%	23,6%	3,5%
Energie termică	75,1%	8,4%	14,3%	2,2%

Eficienţa metodelor de conducere se pune în evidenţă prin schimbarea raţională a structurii procentuale a cheltuielilor cu materialele şi combustibilul (C_{m+c}), a cheltuielilor de amortizare (C_{am}), şi a cheltuielilor de exploatare şi conducere (C_{expl}); ($C_{conducere}$).

Scanned with OKEN Scanner

Exemple de calcul.

Exemplul 1. In vederea reducerii costurilor de proiectare a instalațiilor energetice (boilere, stații, linii etc.) se presupun cunoscute următoarele:
- dimensiunile constructive și prețurile la zece tipuri de boilere realizate în practică conform tabelului 22;
- distribuția statistică normală a datelor măsurate;
- consumurile de oțel, ciment și costurile unor agregate energetice în varianta veche* din cadrul unor centrale, stații și linii electrice.

Se cere:
- Determinarea coeficienților de corelație pentru modele regresionale și exponențiale de proiectare a boilerelor.
- Stabilirea procentelor de reducere a consumurilor de oțel, de ciment și a valorii părți de construcții pentru centrale termoelectrice, pentru stații și linii electrice în urma aplicării în proiectare a ingineriei valorii.

Rezolvare.

Modelele comparate se pot scrie sub forma:

$$Y_r = ax_1 + bx_2 + c; \quad Y_e = k \cdot x_1^a \cdot x_2^b.$$

Valorile lui (Y); (x_1) (x_2) și (Y_r) respectiv Y_e, se pot urmări în tabelul 22.

Tabelul 22

Y[lei]	x_1 [mm]	x_2 [mm]	Y_r	Y_e
1150	1200	10	3990	1200
2100	1000	15	1820	2250
900	800	10	1110	800
5700	1400	20	3950	5600
1700	800	15	380	1800
200	600	5	440	150
240	750	5	1520	187
950	1000	10	2550	1000
600	750	10	770	750
3800	1000	20	1070	4000

Dacă se calculează coeficienții (a,b,c,x) și $\bar{y}$ se obțin următoarele modele de calcul [110]:

$$Y_r = 7{,}2x_1 - 150x_2 - 3130; \quad Y_e = 0{,}01 \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$\bar{Y} = \sum_i Y_i/n = 17340/10 = 1734.$$

Coeficienții de corelație pentru cele două situații au următoarele valori:

$$r_r = \sqrt{1 - \frac{\sum_i (Y_i - Y_{ri})^2}{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}} = 0{,}458; \rightarrow 45{,}8\%$$

$$r_e = \sqrt{1 - \frac{\sum_i (Y_i - Y_{ei})^2}{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}} = 0{,}9975 \rightarrow 99{,}75\%$$

Se observă că modelul exponențial permite o corelație aproape perfectă cu realitatea.

* Varianta veche redă situația înainte de aplicarea ingineriei și analizei valorii.

Scanned with OKEN Scanner

Deci cu cît coeficientul de corelație este mai aproape de unitate cu atît modelul de calcul îmbracă mai fidel fenomenul cercetat.
Modelele exponențiale cu doi factori de influență se preferă celor regresionale la reproiectarea instalațiilor energetice din stații și linii electrice.
Calculele făcute de către specialiștii din țara noastră la reproiectarea instalațiilor energetice în maniera ingineriei valorii au dus la următoarele rezultate:

a) *Centrala electrică de termoficare cu grupuri de 50 MW și cazane de 420 t/h.*

Combustibil păcură : :		*Combustibil cărbune :*	
— Economii oțel 215 t	38%;	560 t	26%
— Economii ciment 185 t	26%;	980 t	32%
— Economii la construcții $2 \cdot 10^6$ lei	27%;	$4{,}7 \cdot 10^6$ lei	25%

b) *Turn de răcire cu tiraj natural 40 000 m³/h:*

(reducerea înălțimii cu 5 m și a diametrului cu 8 m).

— Economii ciment	542 kg/m²	40,9%
— Economii oțel	33 kg/m²	16,6%
— Economii la construcții	1210 lei/m²	15,5%

c) *Stație (SEA) și linie electrică (LEA — 126 km) — 400 kV :*

	SEA		*LEA*		
— Economii oțel	139 t	41%	2481 t		21,1%
— Economii ciment	480 t	46,7%	787 t		11,6%
— Economii la conductoare (OL — AL) km — echivalenți	32 t	45%;		—	
— Economii la construcții	$18 \cdot 10^6$ lei	39,2%;	$51{,}832 \cdot 10^6$ lei		29,1%

Toate aceste economii s-au obținut prin revizuirea premiselor de calcul pentru proiectarea instalațiilor energetice și prin înlocuirea unor materiale mai scumpe cu altele mai ieftine, dar cu aceleași calități tehnologico-funcționale.

Exemplul 2. În anul de bază structura cheltuielilor unei întreprinderi energetice care alimentează o serie de consumatori a fost:

— combustibil	50%
— amortizări	30%
— retribuții	12%
— diverse alte cheltuieli	8%
	100%

În anul de bază întreprinderea a vîndut $3 \cdot 10^5$ MWh și a avut un volum de cheltuieli de $45 \cdot 10^6$ lei. Pentru anul de plan se dau următoarele sarcini:

— creșterea producției de energie electrică cu 20%;
— creșterea productivității muncii cu 25%;
— scăderea consumului specific de combustibil cu 3%;
— consumul de energie pentru serviciile interne rămîne constant;
— sporirea valorii fondurilor fixe cu 5%;
— diverse alte cheltuieli rămîn constante;
— scăderea costului cu 8,5%;
— realizarea unui beneficiu de 15%.

În anul de plan întreprinderea va vinde:

1) $1{,}5 \cdot 10^5$ MWh unei întreprinderi „*A*", care absoarbe $P_{max} = 2 \cdot 10^4$ kW la ora de vîrf a sistemului.

2) $1{,}2 \cdot 10^5$ MWh unei întreprinderi „*B*", care absoarbe $P_{max} = 2{,}5 \cdot 10^4$ kW, din care $2{,}2 \cdot 10^4$ kW la ora de vîrf.

Scanned with OKEN Scanner

3) $5 \cdot 10^4$ MWh unei întreprinderi „*C*", care absoarbe $P_{max} = 1{,}5 \cdot 10^4$ kW, în afara orelor de vîrf.

4) $4 \cdot 10^4$ MWh, unei întreprinderi „*D*", care distribuie la consumatorii casnici energie ce necesită la vîrf $2 \cdot 10^4$ kW.

Vînzarea energiei electrice se face după tariful binom pentru consumatorii industriali și după tariful monom, pentru cei casnici.

Să se determine:

— Structura cheltuielilor întreprinderii pentru anul de plan.

— Sporul procentual ce se poate acorda la retribuție în anul de plan în raport cu anul de bază.

— Elementele tarifare ce se aplică consumatorilor în anul de plan în următoarele ipoteze:

1) Taxa fixă se aplică la puterea absorbită indiferent de ora la care are loc absorbția.

2) Taxa fixă se aplică la puterea cu care consumatorul participă la ora de vîrf.

În ambele cazuri se vor calcula prețurile medii de cumpărare a energiei.

Rezolvare

a. Structura cheltuielilor în anul de plan.

— combustibil: $48 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}97 = 55{,}85\% \rightarrow 55{,}85\%$

— retribuții: $12 \cdot \frac{1{,}2}{1{,}25} \cdot (1 + x) = (11{,}52 + 11{,}52x)\% = 12{,}36\%$

— amortizări: $32 \cdot 1{,}05 = 33{,}6\% \rightarrow = 33{,}6\%$

— diverse: $8 \quad = 8\% \quad \rightarrow = 8\%$

Total: $108{,}97 + 11{,}52x \rightarrow 109{,}81\%$

Raportînd totalul la creșterea producției și ținînd seama de scăderea costului pentru anul de plan se obține următorul rezultat:

$$\frac{108{,}97 + 11{,}52x}{1{,}2} = \frac{100}{1} \cdot 0{,}915 \qquad 108{,}97 + 11{,}52x = 109{,}8$$

$$x = \frac{109{,}8 - 108{,}97}{11{,}52} = \frac{0{,}83}{11{,}52} = 0{,}072 \rightarrow 7{,}2\%$$

b. Noua structură are forma:

— combustibil: $55{,}85 \cdot \frac{100}{109{,}81} = 50{,}83\%$

— retribuții: $12{,}36 \cdot \frac{100}{109{,}81} = 11{,}27\%$

— amortizări: $33{,}6 \cdot \frac{100}{109{,}81} = 30{,}60\%$

— diverse: $8 \cdot \frac{100}{109{,}81} = 7{,}30\%$

Total 100,00%

Sporul ce se poate adăuga la retribuție este 7,2%.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele tarifului monom și binom ce se aplică consumatorilor se calculează astfel:

$$F = A \cdot P_{i_0} + t_x^e E_c; \quad F = A \cdot P_{v_c} + t_x^e E_c$$

$$A = \frac{C_c}{P_{i_0}}; \quad t_x^e = \frac{C_v}{E_c}$$

$$C_t = C_c + C_v + Beneficiu.$$

Cheltuielile în anul de plan se determină astfel:

$$C_t = 45 \cdot 10^6 \frac{109{,}81}{100} \cdot 1{,}15 = 57 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_v = 0{,}5084 \times 57 \cdot 10^6 = 29 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

$$C_c = 57 \cdot 10^6 - 29 \cdot 10^6 = 28 \cdot 10^6 \text{ lei/an}$$

Taxa de putere (A) și taxa de energie (b) se calculează astfel:

$$A = \frac{C_c}{\sum_{x=1}^{n} P_{i_{0_x}}} = \frac{28 \cdot 10^6}{(20 + 25 + 15 + 20)\,10^3} = \frac{28 \times 10^6}{80 \times 10^3} = 350 \text{ lei/kW și an}$$

$$A = \frac{C_c}{\sum_{k=1}^{n} P_{0_{v_k}}} = \frac{28 \cdot 10^6}{(20 + 22 + 0 + 20) \cdot 10^3} = \frac{28 \cdot 10^6}{62 \cdot 10^3} = 452 \text{ lei/kW și an}$$

$$t_x^e = \frac{C_v}{E_c} = \frac{29 \cdot 10^6}{300 \cdot 10^6} = 0{,}097 \text{ lei/kWh}$$

Tariful monom are următoarea structură:

$$P_c^{ic} = \frac{A \cdot P_{i_0}}{40 \cdot 10^6} + t_x^e = \frac{350 \cdot 20 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}175 + 0{,}097 = 0{,}272 \text{ lei/kWh}$$

$$p_c^v = \frac{A_1 P_{cv}}{40 \cdot 10^6} + t_x^e = \frac{252 \cdot 20 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}226 + 0{,}097 = 0{,}323 \text{ lei/kWh}$$

Tariful binom operează cu relații de forma:

$$P_A^{io} = \frac{350 \cdot 20 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}047 + 0{,}097 = 0{,}144 \text{ lei/kWh}$$

$$p_B^{cv} = \frac{350 \cdot 25 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}093 + 0{,}097 = 0{,}170 \text{ lei/kWh}$$

$$P_C^{io} = \frac{350 \cdot 15 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}105 + 0{,}097 = 0{,}202 \text{ lei/kWh}$$

$$P_A^{cv} = \frac{452 \cdot 20 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}0603 + 0{,}097 = 0{,}157 \text{ lei/kWh}$$

$$P_B^{cv} = \frac{452 \cdot 22 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6} + 0{,}097 = 0{,}083 + 0{,}097 = 0{,}180 \text{ lei/kWh}$$

$$P_C^{cv} = \frac{452 \cdot 0 \cdot}{50 \cdot 10^6} = 0{,}097 = 0{,}097 \text{ lei/kWh.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ingineria și analiza valorii ca metodă de conducere a sistemelor industriale arată specialiștilor atît căile de reducere a costurilor producției (prin reproiectare, prin exploatarea optimă a instalațiilor) cît și tehnicile de creștere a valorii economice a produselor și instalațiilor noi și a celor în funcțiune (prin analiza funcțiilor produselor și prin creșterea utilității obiectivelor proiectate sau a celor din exploatare).

Pe baza modelelor cu care operează ingineria și analiza valorii se poate crește calitatea produselor și a instalațiilor analizate sistemic, în ideea scăderii costurilor și sporirii eficienței activității la nivelul întregului sistem cercetat.

Modelele în teoria prognozei, teoria deciziei și teoria costurilor au fost concepute în maniera ingineriei sistemelor cu scopul obținerii unor algoritme care să contribuie la consolidarea concepției de optimizare a sistemelor de producție. Aceste modele teoretico-practice constituie, totodată, un instrument matematic de abordare sistemică a problemelor complexe întîlnite în practică. Ele permit găsirea soluției optime de concepere, montaj și exploatare a instalațiilor industriale în maniera ingineriei sistemelor.

Acest ansamblu de tehnici și metode de calcul permite abordarea sistemică a problemelor de producție începînd cu resursele primare de materiale și energie și terminînd cu consumatorii industriali. Astfel după precizarea elementelor cu care operează ingineria sistemelor și după aplicarea acestora la modelarea operațională a activității productive din cadrul sistemelor industriale și din cadrul sistemelor de energie se trece la formularea modelelor de decizie ținînd seama de perspectiva dezvoltării instalațiilor și se clădesc modele în teoria costurilor produselor realizate la nivelul unui sistem de producție.

Algoritmul conceput permite reflectarea costurilor produselor de la consumator prin calcularea tuturor cheltuielilor făcute atît la nivelul proiectării și montajului instalațiilor cît și la nivelul exploatării și dezvoltării sistemelor. Astfel se arată modul în care această concepție din cadrul ingineriei sistemelor de abordare a fenomenelor reale se poate aplica în practica organizării și conducerii sistemelor de producție.

Injectarea conceptului de optim la nivelul întregului sistem permite depistarea surselor de risipă, înlesnește organizarea optimă a subsistemelor de producție și impulsionează consolidarea unei concepții raționale de conducerea sistemică a activității, cu scopul realizării unei producții de calitate la un cost cît mai mic cu putință.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 1

Elemente de deviz pentru instalațiile din structura unui sistem de energie*)

a. Centrală electrică de 200 MW

Denumirea lucrărilor	Investiții și cheltuieli, 10⁶ lei					
	** CIA	UETM	MUET	DUIT	ACH	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7
Partea I. Cap. 1—4 (conform [121]):						
Studii, cercetări, documentare și proiectare	—	—	—	—	40	40
Pregătirea și amenajarea terenului	18,8	—	—	0,12	—	18,923
Clădirea principală	126	639	509	—	0,7	1274,7
Cazane de abur de medie și joasă presiune	12	41	29	0,208	0,035	82,4
Stația de tratare chimică a apei de adaos	37	127	54	1,2	0,1	219,3
Gospodăria de combustibil lichid	3	11,5	9	0,07	0,03	23,6
Stația de conexiuni interioară	23	22	13	0,2	0,2	58,4
Circuitul hidrotehnic și instalațiile de răcire	8	0,8	0,2	0,07	—	9,07
Cap. 5—12 (conform [121]):						
Investiții pentru transport și telecomunicație	4,2	0,7	1,2	—	0,02	6,17
Investiții apă-caldă	12	0,4	0,2	0,04	0,06	12,646
Investiții neproductive legate funcțional de producție	3,3	0,2	0,2	1	0,08	4,78
Mijloace de ridicat și transportat	—	—	—	1,7	—	1,7
Diverse și neprevăzute	—	—	—	—	58,5	58,5
TOTAL (Partea I)						1875,3
Partea II. Cap. 13—14 (conform [121]):						
Cheltuieli cu direcția întreprinderii care se construiește	—	—	—	—	0,6	0,6
Cheltuiele pentru supravegherea tehnică pe durata realizării investiției	—	—	—	—	3,4	3,4
Cheltuieli pentru pregătirea cadrelor de exploatare	—	—	—	—	10	10
Partea (III+IV). Cap. 15—16 (conform [121])						
Cheltuieli pentru organizarea execuției	14	—	36	—	—	50
Cheltuieli nerecuperabile	—	—	—	—	8,5	8,5
TOTAL GENERAL	—	—	—	—	—	1947,8
din care:						
Utilaje tehnologice inclusiv mijloace de ridicat și transportat	—	—	—	—	—	860
Construcții montaj	—	—	—	—	—	960
Dotări	—	—	—	—	—	8,8
Alte cheltuieli	—	—	—	—	—	119

*) Valorile din acest deviz au caracter didactic și sînt orientative.

** CIA (2) = construcții și instalații aferente.
UETM (3) = Utilaje și echipamente tehnologice care se montează.
MUET (4) = Montaj utilaje și echipamente tehnologice.
DUIT (5) = Dotări și utilaje independente
ACH (6) = Alte cheltuieli.

Scanned with OKEN Scanner

b. Elemente de deviz pentru o stație electrică 400/110kV

Indicatorul deviz	Denumirea lucrărilor	Valoarea, 10^6 lei					
0	1	2	3	4	5	6	7
Partea I. Cap. 1—4 (conform [121]):							
D.F. 1	— Studii și cercetări teren	—	—	—	—	0,4	0,4
D.F. 2	— Elaborarea documentației și asistența tehnică	—	—	—	—	0,62	0,62
D.F. 3	— Taxe de protecție	0,26	—	—	—	—	0,26
D.F. 4	— Despăgubiri de recoltă	—	—	—	—	2,4	2,4
OB II T	— Amenajarea terenului	1,56	—	—	—	—	1,56
OB II S	— Stațiile de 400 și 110 kV	17,5	8,5	—	—	—	26
OB-2 a	— Montaj trafo 250 kVA 400/110 kV	—	37,6	—	—	—	37,6
OB-26	— Instalație pentru stingerea incendiului pe partea electrică	—	9.10^{-3}	1,6	—	—	1,6009
OB-A3	— Servicii proprii c.c. cu instalație de legare la pământ și paratrăsnet	—	0,057	1,1	—	—	1,157
OB-A 4 a	— Instalație de comandă și control	—	0,9	0,375	—	—	1,275
OB-A 4 b	— Instalație pentru protecție și automatizări locale și la distanță	—	5,2	0,439	—	4.10^{-3}	5,649
OB-A 5	— Gospodăria de cabluri	3,5	—	—	—	—	3,5
OB-A 7 a	— Racorduri electrice 400kV	3,449	—	—	—	—	3,449
OB-A 7 b	— Amenajări la stația de racord a liniei de legătură la 400 kV	0,867	0,044	—	—	—	0,911
OB-B III	— Stație exterioară 400 kV	6,42	—	—	—	—	6,42
OB-B 6	— Instalație de stins incendiu pe partea de onstrucții și instalații	0,88	0,144	—	—	—	1,024
OB-B 7	— Amenajarea, descărcarea și transportul trafo	0,406	—	—	—	—	0,406
DF-5	— Obiecte de inventar și mobilier	—	—	—	—	0,278	0,278
DF-4	— Materiale pentru protecția muncii	—	—	—	—	0,015	0,015
DF-9	— Dotarea stațiilor exterioare cu materiale tehnice pentru combaterea incendiilor	—	—	—	0,043	—	0,043
DF.10	— Diverse și neprevăzute	—	—	—	—	2,1	2,1
Partea a II-a							
DF-11	— Cheltuieli pentru pregătirea și retribuirea cadrelor	—	—	—	—	0,016	0,016
DF-12	— Supravegherea tehnică	—	—	—	—	0,056	0,056
Partea a III-a							
DF-5	— Organizarea șantierului	0,732	—	—	—	0,234	0,968
DF-14	— Echipamente de rezervă	880	—	—	—	—	880

Se scade din totalul general valoarea echipamentului transferat și valoarea materialului demontat și recuperat.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 1 c

c. Elemente de deviz pentru o linie electrică de 220 kV

Denumirea lucrărilor	Investițiile și cheltuielile, în 10^6 lei					
1	2	3	4	5	6	7
Partea I						
Studii și cercetări teren	—	—	—	—	0,55	0,55
Costul elaborării documentației	—	—	—	—	0,59	0,59
Exproprieri, despăgubiri (agricole și forestiere)	—	—	—	—	0,57	0,57
Recuperarea terenului	0,017	—	—	—	—	0,017
Amenajarea terenului pentru acces la linie	0,276	—	—	—	—	0,276
Echipamentul liniei	30,2	—	—	—	—	30,2
Modificări în liniile existente	0,44	—	—	—	—	0,44
Protecția liniilor de Tc (PTTR și CFR)	4,00	1,6	0,1	—	—	5,7
Echiparea celulelor în stație	1	3,7	2,3	—	—	7
Neprevăzute și diverse	—	—	—	—	2	2
Partea a II-a						
Supravegherea tehnică	—	—	—	—	0,026	0,026
Partea a III-a						
Organizarea șantierului	0,8	—	—	—	—	0,8
TOTAL I + II + III						
din care:						
utilaj tehnologic	—	—	—	—	—	5,3

Anexa 1 d

d. Indicatorii tehnico-economici ai CET cu $P_i = 200$ MW se dau astfel:

Denumirea	Valoarea, 10^6 lei
Valoarea investițiilor exclusiv investițiile conexe	1,95 . 10^3 lei
Valoarea de construcții montaj	0,958 · 10^3 lei
Ponderea volumului de construcții montaj în valoarea investiției	49,2%
Ponderea volumului de construcții în valoarea investiției	13,94%
Volumul total al utilajului	0,86 · 10^3 lei
Volumul total al importului	71,25 lei
Clearing țări socialiste	64,09 lei
Devize libere	7,143 lei
Ponderea volumului total de import în valoarea investiției	2,73%
Durata de realizare a investiției (în luni)	57
Data intrării parțiale în funcțiune a primei capacități (în luni)	33
Durata dintre punerea în funcțiune a întregii capacități și atingerea parametrilor proiectați (în luni)	12
Investiția specifică	9,742 (8,75) lei/kWi
Consum specific de combustibil	190 gc.c/kWh.
Pentru energie electrică	225 gc.c./kWh
Pentru energie termică	160 kgc.c./Gcal
Consum propriu tehnologic (inclusiv pierderi în posturi de transformare, iluminat și ventilație)	15,8%
Pentru energie electrică	8,1%
Pentru energie termică	20,5 kWh/Gcal
Costul energiei pe unitatea de produs:	
Energie electrică	0,173 lei/kWh
Energie termică	50 lei/Gcal
Apă tratată livrată	8,1 lei/m³

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 1 d (continuare)

Denumirea	Valoarea, 10^6 lei
Acumulări anuale (A)	$42{,}026 \cdot 10^6$ lei
Rentabilitatea	9,86%
Cheltuieli la 1000 lei producție	910 lei/1000 lei marfă
Numărul personalului muncitor (N) din care	630
muncitori	535
indicele de personal	3,15 om/MWi
Productivitatea muncii → MWi/total muncitori	0,374
Productivitatea muncii → $\frac{\text{Producție globală}}{N \text{ personal muncitor}}$	$= 81{,}5.10^3$ lei/om
Durata de recuperare a investițiilor totale din acumulări	30 ani
Suprafața terenului	10,2 hectare
Eficiența fondurilor fixe (A/I_t) (lei/100 lei fond fix)	21,6
Gradul de ocupare a terenului	87%
Prețurile de vînzare:	
— energie electrică	226 lei/MWh
— energie termică	42,1 lei/Gcal
— apă tratată	9 lei/m³
— condens nereturnat	5,95 lei/m³

Anexa 1 e

e. Indicatorii tehnico-economici pentru stația de 400/110 kV comparativ cu o stație de 400/220 kV se prezintă astfel:

Indicatorii tehnico-economici calculați	Valoarea, 10^6 lei	
	Stația 400/110 kV	Stația 400/220 kV
Valoarea investițiilor totale inclusiv investițiile conexe	139,8	152,8
Volumul de construcții montaj din care	489	581
Echipamente montaj	185	235
Volumul de construcții și instalații	305	346
Volumul de utilaj	826	867
Import țări socialiste	0,5	1,1
Import țări capitaliste	0,63	0,55
Ponderea volumului de construcții montaj (C.M.)	34,9%	37,9%
Ponderea volumului de instalații	21,8%	22,6%
Ponderea volumului de utilaje în valoarea investiției	59%	56,7%
Ponderea utilajului din import în volumul echipamentelor	7,6%	8,9%
Durata de realizare	43 luni	48 luni
Investiția specifică	270,9 lei/kVA	186,3 lei/kVA
Numărului personalului muncitor	9	11
Suprafața terenului ocupat	6,67ha	5,89 ha
Gradul de folosire a terenului	91%	87%

Anexa 1 f

f. Indicatori tehnico-economici ai investiției unei linii de 220 kV — dublu circuit.

Indicatorii tehnico-economici	Valoarea, 10^6 lei		
	LEA—220kV $l_1 = 35$ km	LEA—220kV $l_2 = 32$km	LEA—220kV $l_3 = 117$km
1	2	3	4
Valoarea investițiilor fără investițiile conexe din care:	48,16	33,3	101
Construcții montaj din care:	39	26,5	87,7
Volumul de construcții și instalații	36,5	25,5	87,7

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 1 f (continuare)

1	2	3	4
Montajul utilajelor	2,42	1,15	4
Volumul utilajelor	5,3	3,7	17,5
Import țări socialiste / Import țări capitaliste	0,5	0,6	—
Valoarea lucrărilor pentru protecția liniilor de telecomunicații	6,15	0,25	0,86
Investiție specifică globală (lei/km)	1,376	1,053	0,857
Durata de realizare în luni	8	15	24
Consum specific de oțel (t/km)	31,86	28,14	37,49
Consum specific de oțel pentru stîlpi (t/km)	27,56	—	—
Consum specific pentru fundații și prize (t/km)	4,3	—	—
Ponderea volumului de construcții montaj în valoarea investiției (%)	79,3	80	86,9

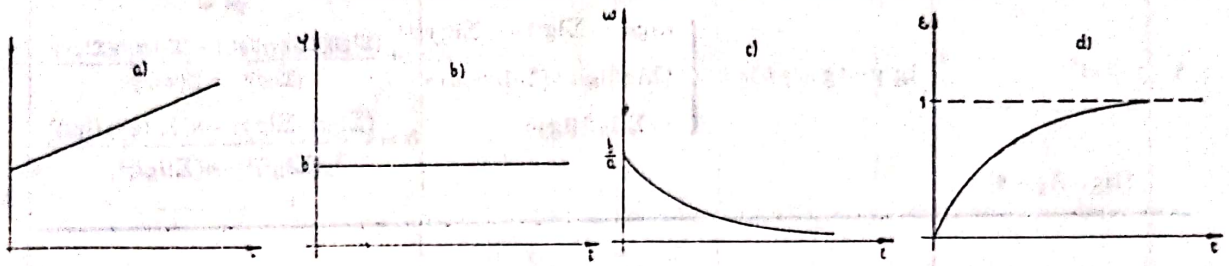
NR.	FORMA FUNCŢIEI	TRANSFORMAREA FUNCŢIEI	SISTEMUL DE ECUAŢII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
1	$y=a+bt$ (fig. A_2-1)		$\begin{cases} n\times c+(\Sigma t)\times b=\Sigma y \\ (\Sigma t)a+(\Sigma t^2)\,b=\Sigma ty \end{cases}$	$a=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma ty)-(\Sigma t^2)\,(\Sigma y)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$ $b=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma y)-n(\Sigma ty)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$
2	$y=a+bt+ct^2$ (fig. A_2-2)		$\begin{cases} na+(\Sigma t)\,b+ \\ +(\Sigma t^2)\,c=\Sigma y \\ (\Sigma t)\,a+(\Sigma t^2)\,b+ \\ +(\Sigma t^3)\,c=\Sigma ty \\ (\Sigma t^2)\,a+(\Sigma t^3)\,b+ \\ +(\Sigma t^4)\,c=\Sigma t^2y \end{cases}$	
3	$y=\sqrt{a+bt}$ (fig. A_2-3)	$y^2=a+bt$	$\begin{cases} na+(\Sigma t)\,b=\Sigma ty^2 \\ (\Sigma t)\,a+(\Sigma t^2)\,b=\Sigma ty^2 \end{cases}$	$a=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma ty^2)-(\Sigma t^2)\,(\Sigma y^2)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$ $b=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma y^2)-n(\Sigma ty^2)}{(\Sigma t^2)-n(\Sigma t^2)}$
	$y=\sqrt[3]{a+bt}$	$y^3=a+bt$	$\begin{cases} na+(\Sigma t)\,b=\Sigma y^3 \\ (\Sigma t)\,a+(\Sigma t)\,b=\Sigma ty^3 \end{cases}$	$a=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma ty^3)-(\Sigma t^2)\,(\Sigma y^3)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$ $b=\dfrac{(\Sigma t)\,(\Sigma y^3)-n(\Sigma ty^3)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$
	$y=\sqrt[3]{a+bt+ct^2}$	$y^3=a+bt+ct^2$	$\begin{cases} na+(\Sigma t)\,b+ \\ +(\Sigma t^2)\,c=\Sigma y^3 \\ (\Sigma t)\,a+(\Sigma t^2)\,b+ \\ +(\Sigma t^3)\,c=\Sigma ty^3 \\ (\Sigma t^2)\,a+(\Sigma t^3)\,b+ \\ +(\Sigma t^4)\,c=\Sigma t^2y^3 \end{cases}$	
	$y^2=a+bt^3$		$\begin{cases} na+(\Sigma t^3)b=\Sigma y^2 \\ (\Sigma t^3)a+(\Sigma t^6)b=\Sigma t^3y^2 \end{cases}$	$a=\dfrac{(\Sigma t^3)(\Sigma t^3y^2)-(\Sigma t^6)(\Sigma y^2)}{(\Sigma t^3)^2-n(\Sigma t^6)}$ $b=\dfrac{(\Sigma t^3)\,(\Sigma y^2)-n(\Sigma t^3y^2)}{(\Sigma t^3)^2-n(\Sigma t^6)}$

* Prelucrare după literatura de specialitate [109]

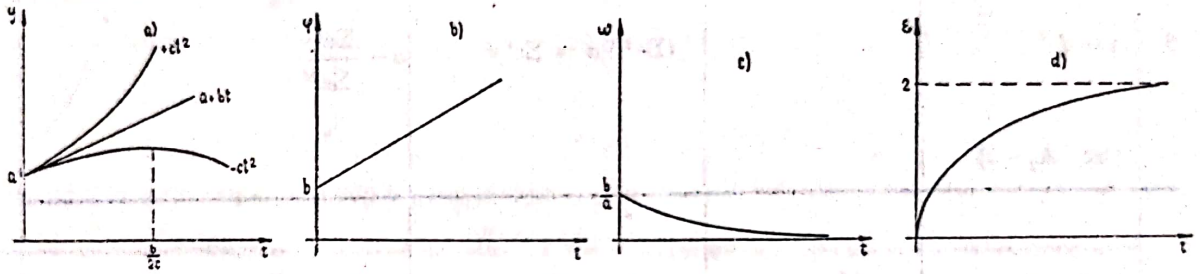
Scanned with OKEN Scanner

la elaborarea prognozei *

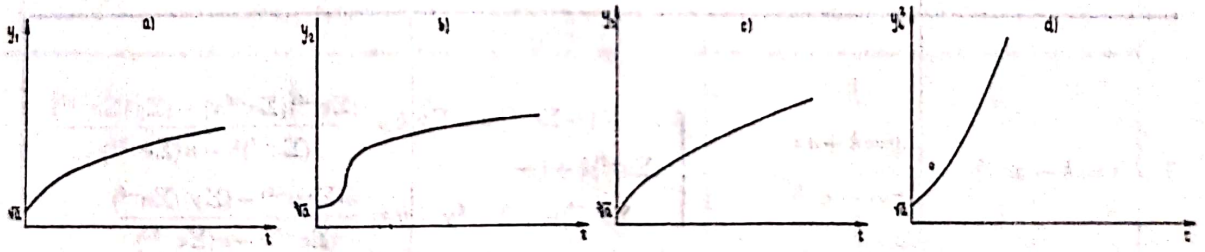
FIGURA**



(Fig. A_2 — 1)



(Fig. A_2 — 2)



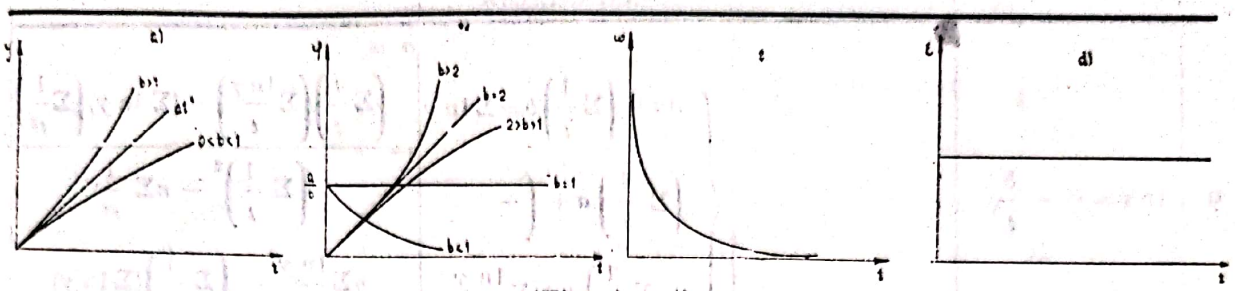
(Fig. A_2 — 3)

** *a*) forma funcției; *b*) derivata absolută; *c*) derivata relativă; *c*) funcția de elasticitate

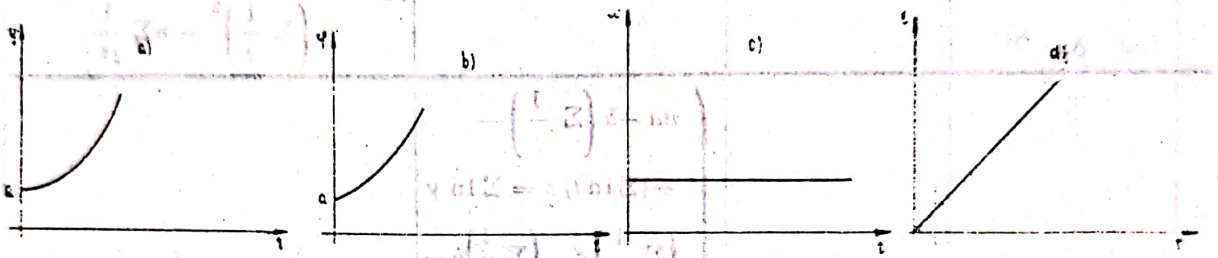
NR.	FORMA FUNCȚIE	TRANSFORMAREA FUNCȚIE	SISTEMUL DE ECUAȚII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
4	$y=at^b$ (fig. A_2-4)	$\lg y=\lg a+b\lg t$	$\begin{cases} n\lg a+(\Sigma\lg t)\,b=\Sigma\lg y \\ (\Sigma\lg t)\lg a+[\Sigma(\lg t^2]b= \\ =\Sigma(\lg t)(\lg y) \end{cases}$	$\lg a=$ $=\frac{(\Sigma\lg t)[\Sigma(\lg y)(\lg t)]-[\Sigma(\lg t)^2](\Sigma\lg y)}{(\Sigma\lg t)^2-n[\Sigma(\ln t)^2]}$ $b=\frac{(\Sigma\lg t)\,(\Sigma\lg y)-n[\Sigma(\lg y)\,(\lg t)]}{(\Sigma\lg t)^2-n[\Sigma(\lg t)^2]}$
5	$y=de^t$ (fig. A_2-5)		$(\Sigma e^{2t})\,a=\Sigma e^t y$	$a=\frac{\Sigma e^t y}{\Sigma e^{2t}}$
6	$y=ab^t$ (fig. A_2-6)	$\lg y=\lg a+t\lg b$	$\begin{cases} n\lg a+(\Sigma t)\lg b= \\ =\Sigma\lg y \\ (\Sigma t)\lg a+(\Sigma t^2)\lg b= \\ =\Sigma t(\lg y) \end{cases}$	
7	$y=k-ae^{-t}$ (fig. A_2-7)	$y=k+az$ $z=-e^{-t}$	$\begin{cases} nk+(-\Sigma e^{-t})\,a=\Sigma y \\ (\Sigma e^{-t})k+(- \\ -\Sigma e^{-2t})a=\Sigma e^{-t}y \end{cases}$	$k=\frac{(\Sigma e^{-t})(\Sigma e^{-t}y)-(\Sigma y)\Sigma e^{-2t})}{(\Sigma e^{-t})^2-n(\Sigma e^{-2t})}$ $a=\frac{n(\Sigma ye^{-t})-(\Sigma y)(\Sigma e^{-t})}{(\Sigma e^{-t})^2-n(\Sigma e^{-2t})}$
8	$y=a+b\ln t$ (fig. A_2-8)		$\begin{cases} na+(\Sigma\ln t)b=\Sigma y \\ (\Sigma\ln t)\,a+ \\ +[\Sigma(\ln t^2]b=\Sigma y\ln t \end{cases}$	$a=$ $=\frac{(\Sigma\ln t)(\Sigma y\ln t)-\Sigma(\ln t)^2(\Sigma y)}{(\Sigma\ln t)^2-n\Sigma(\ln t)^2}$ $b=\frac{(\Sigma\ln t)(\Sigma y)-n(\Sigma y\ln t)}{(\Sigma\ln t)^2-n\Sigma(\ln t)^2}$

Scanned with OKEN Scanner

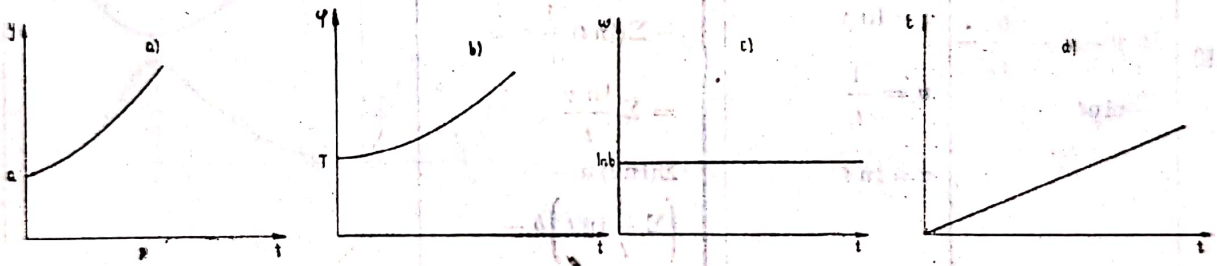
FIGURA**



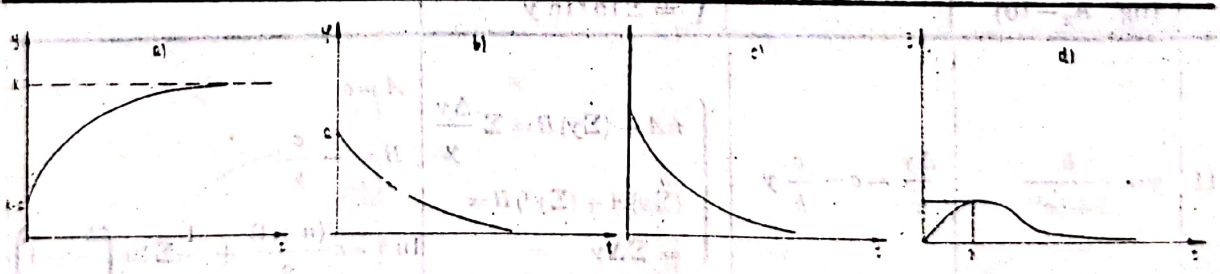
(Fig. A_2—4)



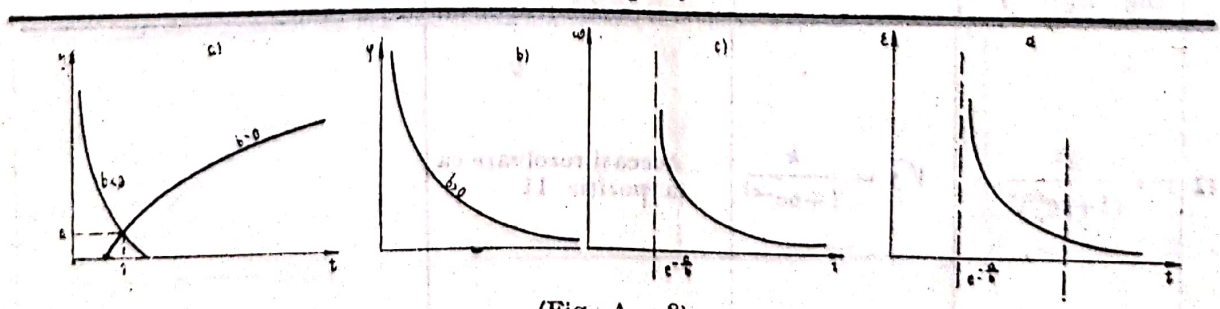
(Fig. A_2—5)



(Fig. A_2—6)



(Fig. A_2—7)

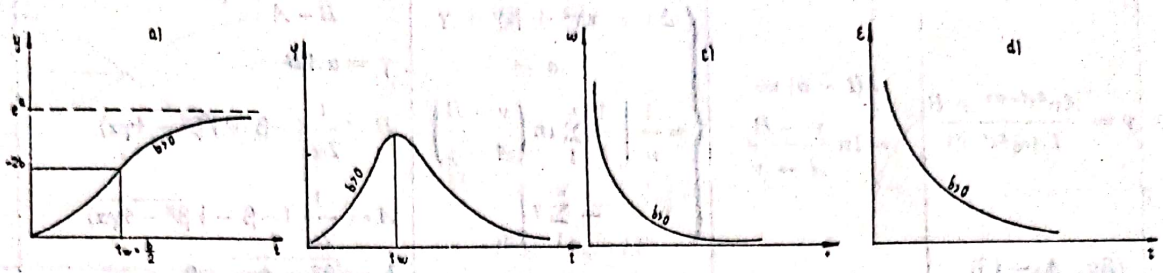


(Fig. A_2—8)

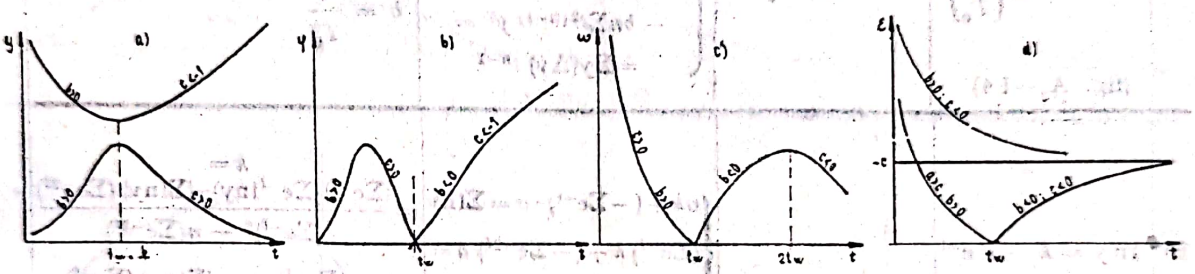
** (v. nota de la pag. 255)

NR.	FORMA FUNCȚIEI	TRANSFORMAREA FUNCȚIEI	SISTEMUL DE ECUAȚII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
9	$\ln y = a - \frac{b}{t}$ (fig. A_2–9)		$\begin{cases} na + \left(\Sigma \frac{1}{t}\right) b = \Sigma \ln y \\ \left(\Sigma \frac{1}{t}\right) a + \left(-\Sigma \frac{1}{t^2}\right) b = \Sigma \frac{\ln y}{t} \end{cases}$	$a = \frac{\left(\Sigma \frac{1}{t}\right)\left(\Sigma \frac{\ln y}{t}\right) - (\Sigma \ln y)\left(\Sigma \frac{1}{t^2}\right)}{\left(\Sigma \frac{1}{t}\right)^2 - n\Sigma \frac{1}{t^2}}$ $b = \frac{n\Sigma \frac{\ln y}{t} - \left(\Sigma \frac{1}{t}\right)(\Sigma \ln y)}{\left(\Sigma \frac{1}{t}\right)^2 - n\Sigma \frac{1}{t^2}}$
10	$\ln y = a - \frac{b}{t} - c \ln t$ (fig. A_2–10)	$z = a - bn - cv$ $z = \ln y$ $n = \frac{1}{t}$ $v = \ln t$	$\begin{cases} na - b\left(\Sigma \frac{1}{t}\right) - (\Sigma \ln t)\, c = \Sigma \ln y \\ \left(\Sigma \frac{1}{t}\right) a - \left(\Sigma \frac{1}{t^2}\right) b - \Sigma (\ln t) \frac{1}{t} c = \Sigma \frac{\ln y}{t} \\ \Sigma (\ln t)\, a - \left(\Sigma \frac{1}{t} \ln t\right) b - \Sigma (\ln t)^2 c = \Sigma \ln t \ln y \end{cases}$	
11	$y = \frac{k}{1 + be^{cl}}$ (fig. A_2–11)	$\frac{\Delta y}{y} = c - \frac{c}{k} y$	$\begin{cases} nA + (\Sigma y) B = \Sigma \frac{\Delta y}{y} \\ (\Sigma y) A + (\Sigma y^2) B = \Sigma \Delta y \end{cases}$	$A = c$ $B = -\frac{c}{k}$ $\ln b = c \frac{(n+1)}{2} + \frac{1}{n} \Sigma \ln \left(\frac{k}{y} - 1\right)$
12	$y = \frac{k^2}{(1 + be^{cl})^2}$ (fig. A_2–12)	$\sqrt{y} = \frac{k}{1 + be^{-cl}}$	Aceeași rezolvare ca la poziția 11	

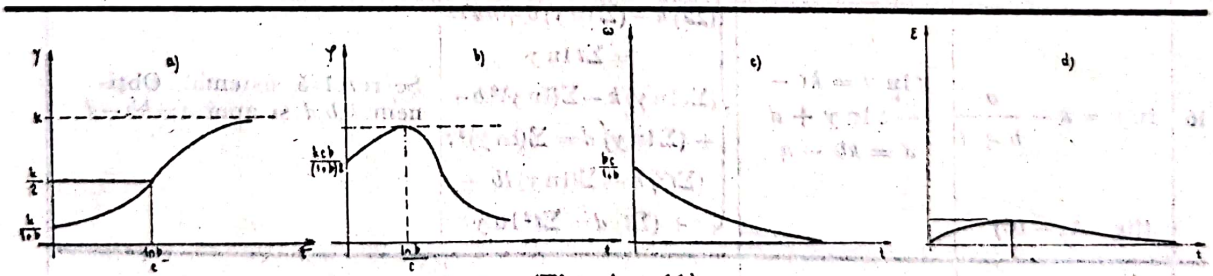
FIGURA**



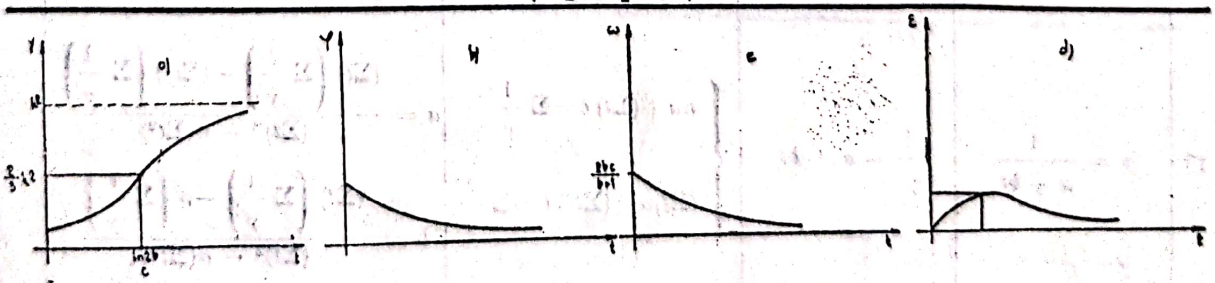
(Fig. A_2—9)



(Fig. A_2—10)



(Fig. A_2—11)



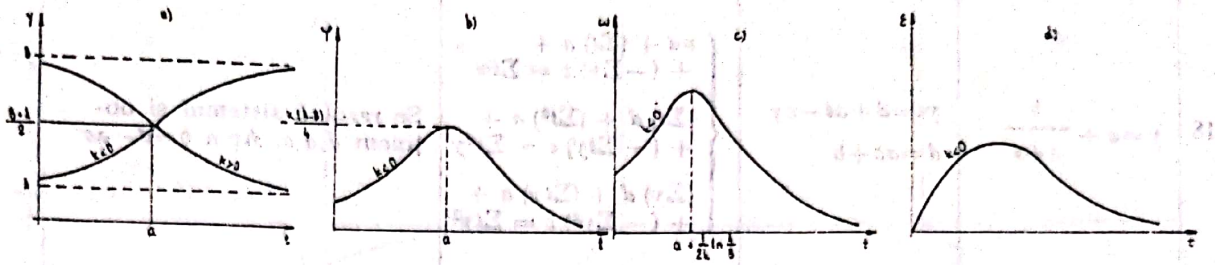
(Fig. A_2—12)

** (v. nota de la pag. 255)

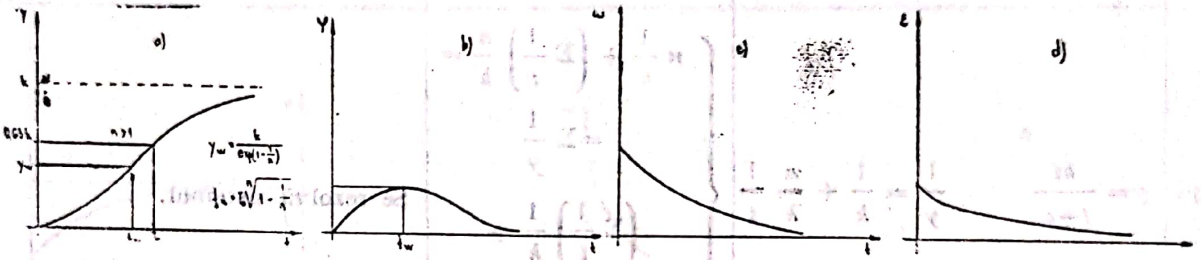
NR.	FORMA FUNCȚIEI	TRANSFORMAREA FUNCȚIEI	SISTEMUL DE ECUAȚII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
13	$y=\frac{Ae^{k(t-a)}+B}{I+e^{k(t-a)}}$ (fig. A_2—13)	$k(t-a)=\ln\frac{y-B}{A-y}$	$\Delta y=\alpha y^2+\beta y+\gamma$ $-a=$ $=\frac{1}{n}\left[\frac{1}{k}\sum_1^n \ln\left(\frac{y-B}{A-y}\right)-\sum_1^n t\right]$	$\alpha=\frac{k}{B-A}$; $\beta=-\alpha(A+B)$; $\gamma=\alpha AB$ $B=\frac{1}{2\alpha}(-\beta+\sqrt{\beta^2-4\gamma\alpha})$ $A=\frac{1}{2\alpha}(-\beta-\sqrt{\beta^2-4\gamma\alpha})$ $k=\sqrt{\beta^2-4\gamma\alpha}>0$
14	$y=k-\frac{k}{\exp\left(\frac{t}{T_0}\right)^n}$ (fig. A_2—14)	$\Delta y=ant^{n-1}-$ $-nbt^{n-1}y$	$an\Sigma t^{2(n-1)}-bn\Sigma yt^{2(n-1)}=$ $=\Sigma(\Delta y)\,t^{n-1}$ $an\Sigma yt^{2(n-1)}-$ $-bn\Sigma t^{2(n-1)}y^2=$ $=\Sigma y(\Delta y)\,t^{n-1}$	$a=\frac{k}{T_0^n}$ $b=\frac{1}{T_0^n}$
15	$\ln y=k-ae^{-t}$ (fig. A_2—15)		$nk+(-\Sigma e^{-t})\cdot a=\Sigma\ln y$ $(\Sigma e^{-t})\,k+(-\Sigma e^{-2t})\,a=$ $=\Sigma e^{-t}\ln y$	$k=\frac{(\Sigma e^{-t})(\Sigma e^{-t}\ln y)-(\Sigma\ln y)(\Sigma e^{-2t})}{(\Sigma e^{-t})^2-n(\Sigma e^{-2t})}$ $a=\frac{n\Sigma e^{-t}\ln y-(\Sigma\ln y)(\Sigma e^{-t})}{(\Sigma e^{-t})^2-n(\Sigma e^{-2t})}$
16	$\ln y=k-\frac{a}{b+t}$ (fig. A_2—16)	$t\ln y=kt-$ $-b\ln y+d$ $d=kb-a$	$(\Sigma t)\,k-(\Sigma\ln y)\,b+nd=$ $=\Sigma t\ln y$ $(\Sigma t\ln y)\,k-\Sigma(\ln y)^2\,b+$ $+(\Sigma\ln y)\,d=\Sigma(\ln y)^2\,t$ $(\Sigma t^2)\,k-\Sigma(\ln y)\,tb+$ $+(\Sigma t)\,d=\Sigma t^2\ln y$	Se rezolvă sistemul. Obținem k,b,d și apoi $a=kb-d$
17	$y=\frac{1}{a+bt}$ (fig. A_2—17)	$\frac{1}{y}=a+bt$	$na+(\Sigma t)\,b=\Sigma\frac{1}{y}$ $(\Sigma t)a+(\Sigma t^2)\,b=\Sigma\frac{t}{y}$	$a=\frac{(\Sigma t)\left(\Sigma\frac{t}{y}\right)-(\Sigma t^2)\left(\Sigma\frac{1}{y}\right)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$ $b=\frac{(\Sigma t)\left(\Sigma\frac{1}{y}\right)-n\left(\Sigma\frac{t}{y}\right)}{(\Sigma t)^2-n(\Sigma t^2)}$

Scanned with OKEN Scanner

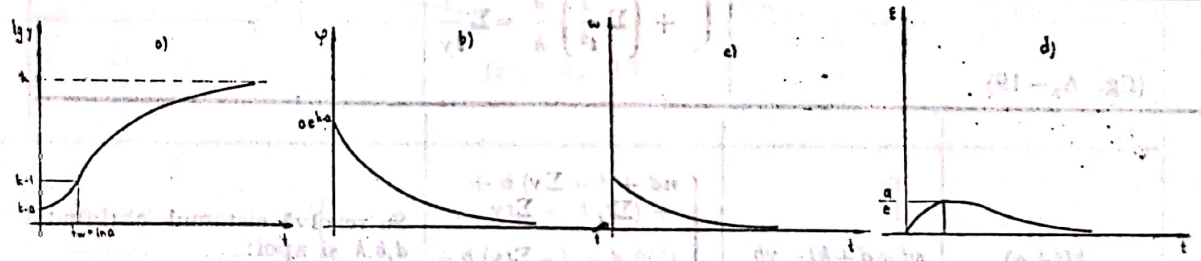
FIGURA**



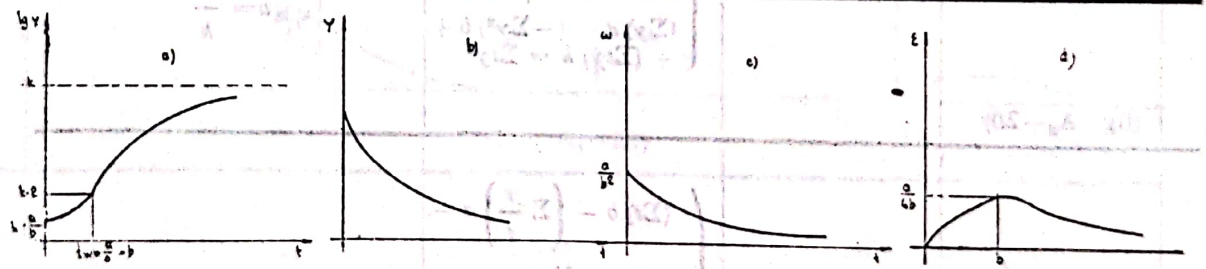
(Fig. A_2—13)



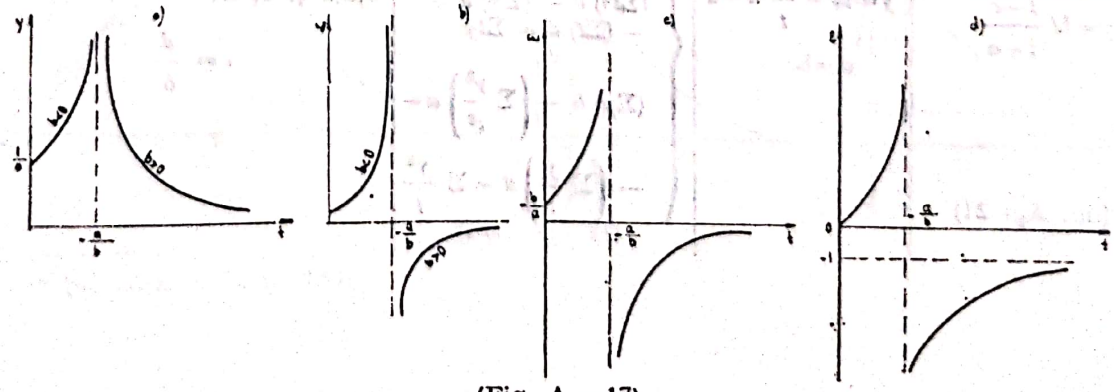
(Fig. A_2—14)



(Fig. A_2—15)



(Fig. A_2—16)



(Fig. A_2—17)

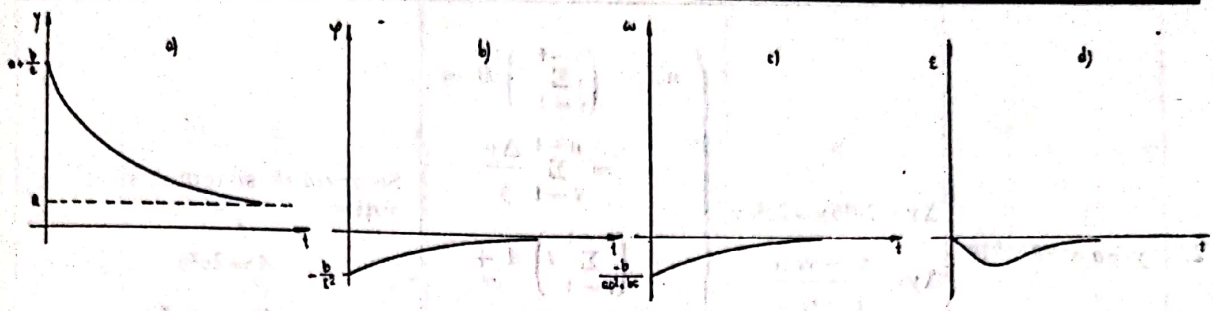
** (v. nota de la p. 255)

Scanned with OKEN Scanner

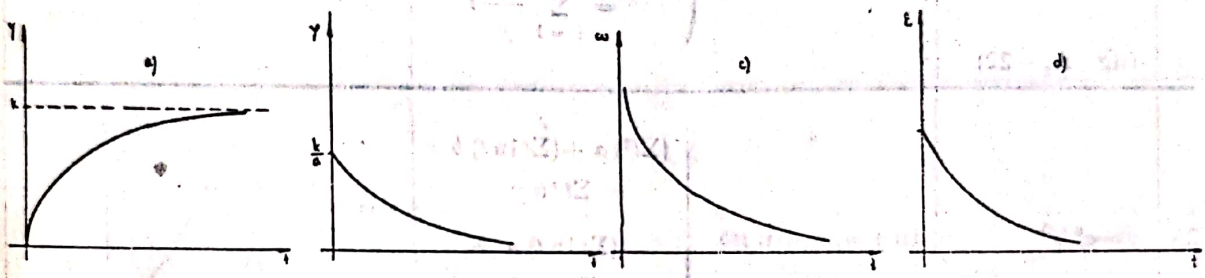
NR.	FORMA FUNCȚIEI	TRANSFORMATA FUNCȚIEI	SISTEMUL DE ECUAȚII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
18	$y=a+\frac{b}{c+t}$ (fig. A_2-18)	$yt=d+at-cy$ $d=ac+b$	$\begin{cases} nd+(\Sigma t)\,a+ \\ +(-\Sigma y)\,c=\Sigma ty \\ (\Sigma t)\,d+(\Sigma t^2)\,a+ \\ +(-\Sigma ty)\,c=\Sigma t^2y \\ (\Sigma y)\,d+(\Sigma ty)\,a+ \\ +(-\Sigma y^2)\,c=\Sigma ty^2 \end{cases}$	Se rezolvă sistemul și obținem d,a,c. Apoi $b=d-ac$
19	$y=\frac{kt}{t+a}$ (fig. A_2-19)	$\frac{1}{y}=\frac{1}{k}+\frac{a}{k}\frac{1}{t}$	$\begin{cases} n\frac{1}{k}+\left(\Sigma\frac{1}{t}\right)\frac{a}{k}= \\ =\Sigma\frac{1}{y} \\ \left(\Sigma\frac{1}{t}\right)\frac{1}{k}+ \\ +\left(\Sigma\frac{1}{t^2}\right)\frac{a}{k}=\Sigma\frac{1}{ty} \end{cases}$	Se rezolvă sistemul.
20	$y=\frac{k(t+a)}{t+b}$ (fig. A_2-20)	$yt=d+kt-yb$ $d=ka$	$\begin{cases} nd+(-\Sigma y)\,b+ \\ +(\Sigma t)\,k=\Sigma ty \\ (\Sigma t)\,d+(-\Sigma ty)\,b+ \\ +(\Sigma t^2)\,k=\Sigma t^2y \\ (\Sigma y)\,d+(-\Sigma y^2)\,b+ \\ +(\Sigma ty)\,k=\Sigma ty^2 \end{cases}$	Se rezolvă sistemul obținînd d,b,k și apoi: $a=\frac{d}{k}$
21	$y=bt\frac{t-c}{t+a}$ (fig. A_2-21)	$y=bt-\frac{y}{t}a-d$ $d=bc$	$\begin{cases} (\Sigma t)\,b-\left(\Sigma\frac{y}{t}\right)a- \\ -nd=\Sigma y \\ (\Sigma t^2)\,b-(\Sigma y)\,a- \\ -(\Sigma t)\,d=\Sigma ty \\ (\Sigma y)\,b-\left(\Sigma\frac{y^2}{t^2}\right)a- \\ -\left(\Sigma\frac{y}{t}\right)d=\Sigma\frac{y^2}{t} \end{cases}$	Se rezolvă sistemul obținînd b,a,d și apoi: $c=\frac{d}{b}$

Scanned with OKEN Scanner

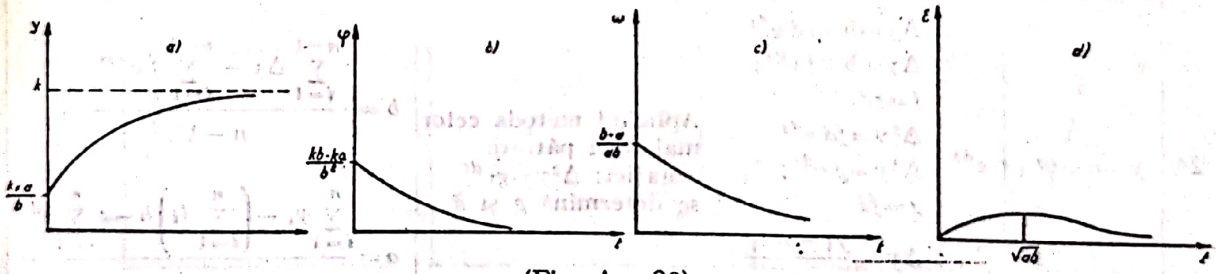
FIGURA**



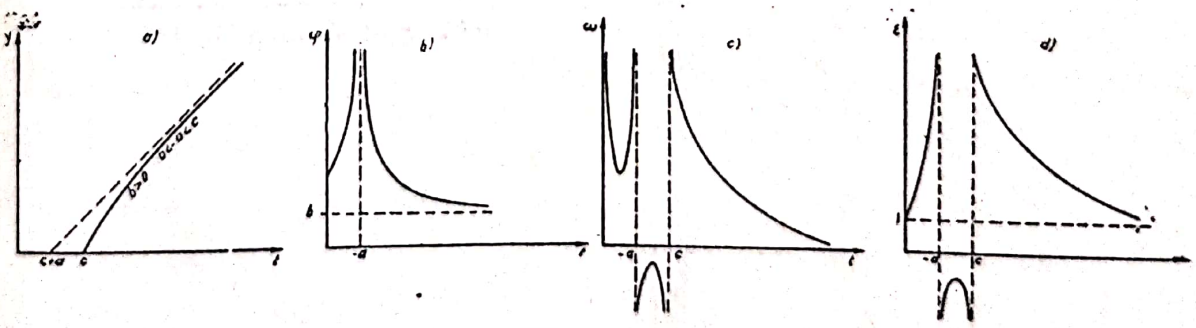
(Fig. A_2—18)



(Fig. A_2—19)



(Fig. A_2—20)



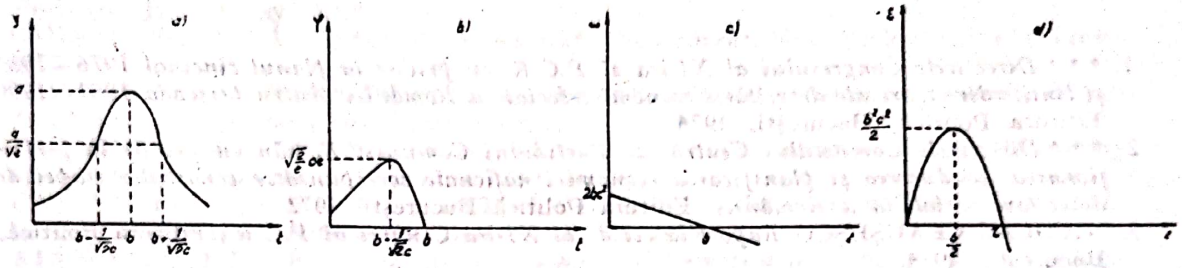
(Fig. A_2—21)

** (v. nota de la p. 255)

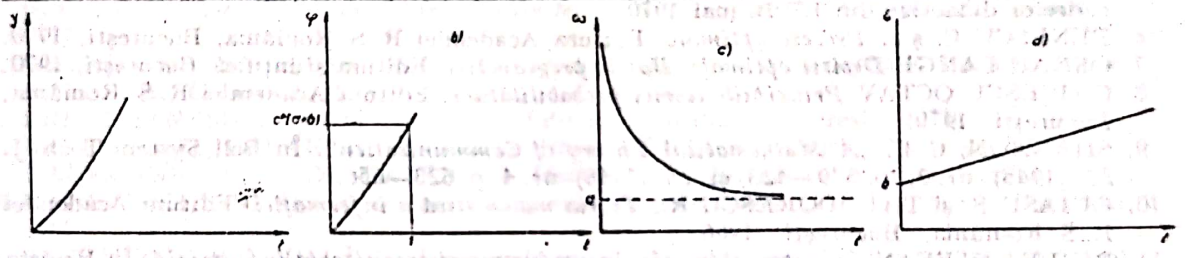
NR.	FORMA FUNCȚIEI	TRANSFORMATA FUNCȚIEI	SISTEMUL DE ECUAȚII PENTRU CALCULUL CONSTANTELOR	VALORILE CONSTANTELOR
22	$y=a\,e^{-c2(t-b)2}$ (fig. A_2-22)	$\Delta y=2c^2by-2c^2ty$ $\Delta y=\frac{y_i-y_{i-1}}{t_i-t_{i-1}}$	$nA+\left(\sum_{i=1}^{n-1}t\right)B=\sum_{i=1}^{n-1}\frac{\Delta y}{y}$ $\left(\sum_{i=1}^{n-1}t\right)A+\left(\sum_{i=1}^{n-1}t^2\right)B=\sum_{i=1}^{n-1}\frac{\Delta y}{y}t$	Se rezolvă sistemul și se obține: $A=2c^2b$ $B=-2c^2$
23	$y=e^{at}t^b$ (fig. A_2-23)	$\ln y=at+(\ln t)b$	$(\Sigma t^2)\,a+(\Sigma t\ln t)\,b=\Sigma t\ln y$ $(\Sigma t\ln t)\,a+\Sigma(\ln t)^2\,b=\Sigma\ln t\ln y$	
24	$y=a+bt+c\,e^{dt}$ (fig. A_2-24)	$\Delta y=b+cd\,e^{dt}$ $\Delta y=b+f\,e^{dt}$; $f=cd$ $\Delta^2y=fd\,e^{dt}$ $\Delta^2y=g\,e^{dt}$; $g=fd$ $\Delta y=\frac{y_i-y_{i-1}}{t_i-t_{i-1}}$; $\Delta^2y=\Delta(\Delta y)$	Aplicînd metoda celor mai mici pătrate ecuației: $\Delta^2y=ge^{dt}$ se determină g și d	$b=\frac{\sum_{i=1}^{n-1}\Delta y-\sum_{i=1}^{n-1}f\,e^{dti}}{n-1}$ $a=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_i-\left(\sum_{i=1}^{n}t_i\right)b-c\sum_{i=1}^{n}e^{dti}}{n}$

Scanned with OKEN Scanner

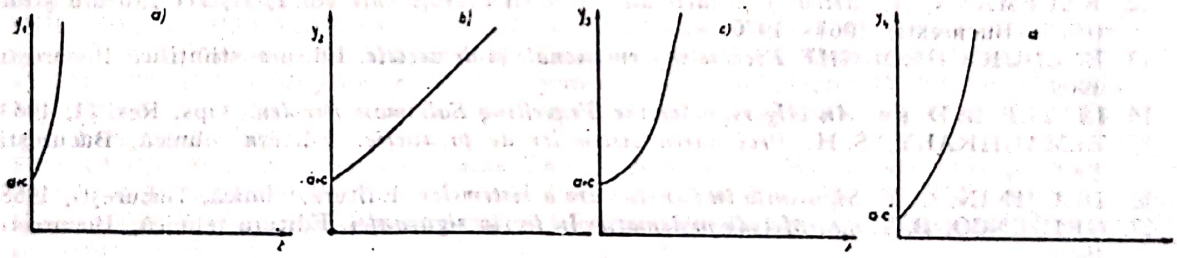
FIGURA**



(Fig. A_2—22)



(Fig. A_2—23)



(Fig. A_2—24)

** (v. nota de la p. 255)

Bibliografie

1. * * * *Directivele Congresului al XI-lea al P.C.R. cu privire la planul cincinal 1976—1980 și liniile directoare ale dezvoltării economico-sociale a României pentru perioada 1981—1990* Editura Politică, București, 1974.
2. * * * *Directivele Comitetului Central al Partidului Comunist Român cu privire la perfecționarea, conducerea și planificarea economiei naționale corespunzător condițiilor etapei de dezvoltare socialistă a României.* Editura Politică București, 1972.
3. NICOLAE CEAUȘESCU *Raport la cel de al XI-lea Congres al P.C.R.*, Editura Politică, București, 1974.
4. MANEA MĂNESCU, A. MĂCRIȘ și D. VICENȚIU. *Metode matematice moderne aplicate în organizarea și planificarea lucrărilor de construcții-montaj.* Editura Academiei R. S. România, 1969.
5. BÎRLEA ȘTEFAN *Entropia în sistemele cibernetice industriale.* Comunicare la sesiunea cadrelor didactice din I.P.B. mai 1970.
6. PENESCU C. ș.a. *Procese optimale.* Editura Academiei R. S. România, București, 1970.
7. OSKAR LANGE *Decizii optimale. Bazele programării.* Editura științifică București, 1970.
8. ONICESCU OCTAV *Principiile teoriei probabilităților.* Editura Academiei R. S. România, București, 1970.
9. SHANNON, C. E. *„A Mathematical Theory of Communication".* În Bell System Tech. J. 27 (1948) nr. 3, p. 379—423 și 28 (1948) nr. 4 p. 623—656.
10. GUIAȘU S. și THEODORESCU R., *Teoria matematică a informației.* Editura Academiei R. S. România, București, 1966.
11. BÎRLEA ȘTEFAN *Concepte cibernetice la conducerea și organizarea industrială.* În Revista Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică nr. 5, 1969, p. 9—22, 17 ref. bibl.
12. KAUFMANN, A. *Metode și modele ale cercetării operaționale* vol. I, II, III Editura științifică, București, 1967—1970.
13. BOLDUR GHEORGHE *Procese informaționale și de decizie.* Editura științifică București, 1969.
14. LITTLE B. D. ș.a. *An Algoritm for the Travelling Salesman Problem,* Ops. Res. 11, 1963.
15. ELMAGHRABY, S. H. *Proiectarea sistemelor de producție.* Editura tehnică, București, 1968.
16. DRUJININ, G. V. *Siguranța în funcționare a sistemelor.* Editura tehnică, București, 1968.
17. GRIDENCO, B. V. ș.a. *Metode matematice în teoria siguranței.* Editura tehnică, București, 1968.
18. MILLER, D. W. și STARR, M. K. *Executive Decision and Operations Researche,* Editura Printice Hall, 1960.
19. KAUFMANN, A. și FAURE, R. *Invitation a la recherche operationnelle* Paris, Dunod, 1966, 294.
20. KAUFMANN, A. și CRUON, E. *La programmation dynamique. Gestion scientifique sequentielle.* Paris, Dunod 1965, 273 p.
21. VAN der VEEN *Introduction to the Theory of operational Research.* Londra, Macmillan and coop. 1967, 203 p.
22. BELLMAN, R. E. și DREYFUS, S. E. *La programmation dynamique et ses application,* Paris Dunod, 1965, 385 p.
23. ROY, B. *Mathematique et décision.* Gestion, Franța 10 nr. spec. noiembrie 1967, p. 686—696.
24. MARCUS ALEXIS și WILSON CHARLES *Organisational Decision Making.* Englewood Cliffs, New Jersey, Printice — Hall, 1967, 444 p.
25. GREEN, T. *Productions and Inventory Control.* Handbook McGraw — Hill, 1970.
26. HAMSHER, D. *Communication System Engineering.* Handbook McGraw — Hill 1966.

Scanned with OKEN Scanner

27. RAVEN, F. *Mathematics of Enginnering Systems* McGraw — Hill 1966.
28. ROBERTS, N. *Mathematical Methods in Reliability Engineering.* McGraw — Hill Book Company New York 1964.
29. DICHTER, E. *Mathemating cs of Human Behaviour* McGraw — Hill 1971.
30. A. P. SAGE and I. L. MELS *Estimation Theory with Applications to Control.* McGraw-Hill Book Compagny New York 1971.
31. SASIENI, M., YASPAN, A. and FRIEDMAN, L. *Operations Research, Methods and Problems,* John Wiley, 1964.
32. CARABULEA, A. *The Prediction Function of Management.* New York University Press, 1972.
33. CARABULEA, A., KURNOW, E. *Particularitățile ingineriei sistemelor dinamice de tip Markov în aplicații energetice.* Comunicare I.P.B. 1972.
34. CARABULEA, A., POPA A. *Contributions to the Study of the operational Duty Optimizing of the Electric Traction.* În: Buletinul I.P.B. nr. 2/1973.
35. CARABULEA, A., POPA, AL. și ANTON, GH. *Modelos Matematicos Relativos a la Prognosis de la Traccion Electrica.* În: Buletinul I.P.B. 1974.
36. STĂNCESCU, I. D. *„Bazele tehnice și economice ale termoficării."* Editura tehnică, București, 1969.
37. GHERMEIER, I. B. *„Introducere în teoria cercetării operaționale".* Editura tehnică, 1973.
38. KELVIN LANCESTER *Analiza economică matematică.* Editura științifică București 1973.
39. MALIȚA, M., ZIDĂROIU, C. *Matematica organizării.* Editura tehnică, București, 1971
40. DIMO, P. ș.a. *Calculul și proiectarea sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1972.
41. MIHOC, GH., CIUCU, GH., MUJA, A. *Modele matematice ale așteptării.* Editura Academiei R.S.R., București, 1973.
42. ERICH JANTSH *Prognoza tehnologică.* Editura științifică, București, 1972.
43. ZADEH, A. L., POLAK, E. ș.a. *Teoria sistemelor.* Editura tehnică, București, 1973.
44. KAUFMANN, A. G., DESBAZEILLE, *Metoda drumului critic.* Editura tehnică, 1971.
45. MARKOVICI, I. M. *Sisteme energetice. Regimuri de funcționare.* Editura tehnică, București, 1960.
46. SAPHIER A. și TOPALĂ E. *Investițiile și calculul economic.* Editura științifică, 1969.
47. HIDOȘ, C. și ISAC, T. *Studiul muncii* vol. I—VIII. Editura tehnică, București, 1974.
48. CARABULEA, A, *Algoritmul tarifării energiei în ideia compensării optime a factorului de putere.* Comunicare la I.P. Cluj 1974.
49. KURNOW, E., CARABULEA, A. *Modele matematice cu structură stochastică pentru optimizarea sistemelor energetice* Simpozionul „Teoria matematică a sistemelor", Brașov 1973.
50. FISHBURN, P. C. *Utility Theory* În: Management Science vol. 14, nr. 15, 1968, p. 335—379
51. YOUNG, S. *L'entreprise considérée comme système total.* În: Direction et Gestion des Entreprinses nr. 2, 1969, p. 11—12.
52. FISHBURN, P. C. *Decision and Value Theory.* New York, Wiley 1964. 451 p.
53. LUCE, R. D. și RAIFFA, H. *Games and Decisions.* New York, Wiley 1958, 480 p.
54. KONTOROVICI L. V. *Calculul economic și folosirea optimă a resurselor,* București, Editura științifică, 1966.
55. E. COSTIN *Metode pentru prognoza consumului de energie electrică și a puterii necesare în sistemele electroenergetice,* Teză I.P.B. 1973.
56. NITU, V. *Fiabilitatea instalațiilor electrice.* Editura Acad. R.S.R. 1972.
57. NITU, V., GOLDENBERG C. și IONESCU S. *Model de programare liniară pentru previziunea dezvoltării centralelor electrice.* În: Energetica 8/1966.
58. LICIU, N., MANEA, S. și COMȘA, M. *Aspecte ale evoluției consumului de energie în cadrul prognozei dezvoltării energeticii în R.S.R.* În: Studii și cercetări de energetică și electrotehnică nr. 3/1973.
59. BOTEZ, M. *Curs de prognoză.* CIDSSP, București, 1972.
60. CARABULEA, A., ANTON, GH. și RUȘITORU, GH. *Contributions to the Study of decesional Informatics.* În: Buletinul I.P.B. nr. 6 1970, și nr. 1, 1971.
61. CARABULEA, A. *Decision Models of Production Programming in certainly Conditions.* New York, University Press, 1972.
62. CARABULEA, A. *Decision Models of Production Programming in uncertainly Conditions,* New York, University Press, 1972.
63. CARABULEA, A., KURNOW E. *The Optimization of the stochastic Processes with Aplications in Electrical Engineering,* New York, University Press, 1972.

Scanned with OKEN Scanner

64. PRATT P. W., RAIFFA H. and SCHAIFER, R., *Introduction to statistical Decisions Theory*. McGraw-Hill Book Company, New York 1970.
65. MIHAEL, D. INTRILIGATOR *Mathematical Optimization and Economic Theory* Printice-Hall, New Jersey 1971, vol. 1.
66. TAICHRAEW, DANIEL *An Introduction to Management Science. Deterministic Models* John Wiely and Sons 1964.
67. KARLIN ,SAMUEL *Mathematical Methodes and Theory of Gmes, Programming and Economics* Addeson — Wesley 1959.
68. NEGOIȚĂ, C. V. ș.a. *Considerații privind modelarea dinamică a sistemelor de producție* În: S.C.E.C.E. nr. 6/1973.
69. BUFFA, ELWOOD S. *Modern Production Management* John Wiley and Sons., 1965.
70. NASLIN, P. *Introduction à la Comande optimal* Dunod, Paris 1970.
71. PONTRYAGIN, BOLTIANSKY, GAMKRELITZE and MICHTCHINKE *The Mathematical Theory of Optimal Processes* New York, 1970.
72. PORTER, W. A. *Modern Foundations of Systems Engineering* The Macmillan Company, New York, 1966.
73. VON NEUMANN, E. and MORGENSTERN, O. *The Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton, University Press, 1963.
74. KOPP, R. E. *Pontryagin Maxim Principle Optimization Techniques*. New York, Academic Press, 1962.
75. PAN, L. T. *The Continuus Maximum Principle and the Discret Maximum Principle*. New York, Wiley, 1965—1966.
76. ROBERT SCHLAIFER *Analysis of Decisions under Uncertainty*. McGraw-Hill Book Company, New York 1969.
77. HOWARD, R. A. „*Dynamic Probability Systems*" vol. I, II, John Wiley and Sons, New York 1971.
78. MARTIN STARR and DAVID W. MILLER *Inventory Control. Theory and Practice* Printice — Hall International Inc. New York 1962.
79. FABRYCKY, W. I., CHERO, P. M., TERGERSEN, P. T. *Industrial Operation Research*. Printice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, New York, 1972.
80. INTRILIGATOR, M. D. *Mathematical Optimization and Economic Theory*, Printice-Hall, Inc. Englewood Cliffs New Jersey 1970, vol. II.
81. LEE, W. *Decision Theory and Human Behavior*. John Wiley and Sons, New York, 1971.
82. * * * *Metoda cercetării sistemice*. Editura științifică București 1974.
83. RAU, I. G. *Optimization and Probability in Systems Engineering*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.
84. MAYNARD, H. B. *Industrial Engineering Hand Book*, McGraw-Hill, Book Company, New York, 1972.
85. DONALD, A. PIERRE *Optimization Theory with Applications* J. Wiley and Sons, New York, 1969.
86. RĂDULEȚ, R. ș.a. *Perspectivele de dezvoltare a energeticii*. Editura tehnică, Buc., 1974.
87. BÎRLEA, ȘT. *Inițiere în cibernetica sistemelor industriale*. Editura tehnică, București, 1975.
88. PENESCU, C. *Sisteme, concepte, caracterizări, sisteme liniare*. Editura tehnică, Buc. 1975.
89. OWEN, G. *Teoria jocurilor*. Editura tehnică, Buc. 1974.
90. ACKOFF, R. L. și SASIENI, M. W. *Bazele cercetării operaționale*. Editura tehnică, București, 1975.
91. LASDON, L. S. *Teoria optimizării sistemelor mari*. Editura tehnică, București, 1975.
92. CARABULEA, A. *Conceptul de joc matematic utilizat în conducerea sistemelor industriale*. În AMC nr. 21, Ed. tehnică, Buc. 1976.
93. PURICA, I., PAVELESCU, M. și STOICA, M. *Dezvoltarea modelului de optimizare a unui sistem*. În *ecoenergetic*. Buletinul IFA, 1976.
94. TRANDAFIR, R. și LEONTE, A. *Clasic și actual în calculul probabilităților*. Editura Dacia Cluj, 1974.
95. CARABULEA, A. *Ingineria sistemelor industriale. Probleme*. Editura didactică și pedagogică, 1977.
96. VĂDUVA, I. ș.a. *Modele matematice de organizare și conducere a producției*. Editura didactică și pedagogică, Buc. 1974.
97. CONSTANTINESCU, P. și NEGOIȚĂ, C. V. *Sisteme informatice, modele ale conducerii și sisteme conduse*. Editura tehnică, Buc. 1975.

Scanned with OKEN Scanner

98. BUFFA, E. S. *Conducerea modernă a producției.* Editura tehnică Buc. 1975.
99. KALMAN, R. E., FALB, P. L. și ARBIB, M. A. *Teoria sistemelor dinamice.* Editura tehnică, Buc. 1976.
100. CARABULEA, A. *Game Mathematical Models used in the Management of Cybernetics System.* Documentele Congresului al III-lea de sisteme generale și cibernetice Buc. 1977.
101. ROMÂNU, I. *Econometrie cu aplicații la eficiența investițiilor.* Editura științifică și enciclopedică, Buc. 1975.
102. MAYNARD, H. B. *Manual de inginerie industrială* Ed. tehnică, Buc. 1975.
103. DINESCU, C. și SĂVULESCU, B. *Metode de matematică modernă pentru economie, Culegere de probleme.* Ed. Did. și Pedagogică, 1975.
104. * * * *Seminarul de teoria sistemelor și aplicații,* Buc. 1974.
105. DRĂGĂNESCU, M. *Munca și economia* Ed. politică, Buc. 1974.
106. WILLEMS, J. L. *Stability Theory of Dynamical Systems* John Wiley and Sons, New York 1971.
107. HICKS, H. G. *A Systems and Human Resources* McGraw, Hill, New York 1972.
108. ZIDĂROIU, C. *Programarea dinamică discretă,* Editura Tehnică Buc. 1975.
109. IONESCU, P., ENACHE, GH. și POP, M. *Funcții matematice utilizate la elaborarea prognozei* CSP — 1971.
110. ORĂNESCU, P. *Analiza valorii* Academia „Ștefan Gheorghiu", (litografiat) 1976.
111. CRUM, L. W. *Ingineria Valorii.* Editura Tehnică 1976.
112. CARABULEA, A. și RUȘITORU, GH. *Optimizarea conducerii sistemelor industriale* Editura didactică și pedagogică, 1976.
113. OLARIU, C. *Conducerea întreprinderilor prin costuri.* Editura Facla 1975.
114. CARABULEA, A., ȚENOVICI, R. și DUMITRIU, C. *Modele de bilanțuri energetice reale și optime.* În buletinul I.P.B. nr. 4, 1977.
115. CARABULEA, A. *Algoritmul concepției sistemice privind optimizarea sistemelor de energie.* AMC-27/78.
116. NIȚU, V. *Bazele teoretice ale energeticii.* Editura Academiei R.S.R., 1978.
117. MICLESCU TH., și BAZACLIU G. *Optimizări în sistemele energetice.* Editura didactică și pedagogică, 1977.
118. MANEA MĂNESCU. *Cibernetica Economică.* ASE — 1978.
119. IACOBESCU, GH., IORDĂNESCU I., TENDUICI R., TUDOSE M., EREMIA M. *Rețele electrice.* Editura didactică și pedagogică, 1977.
120. LECA A., MOTOIU C., IONESCU, C., BRĂTIANU, C., IONESCU, L., ATHANASOVICI, V., STAN, N., MUȘATESCU, V., GERGU, M., ZIDARU, GH. și NEAGA C. *Centrale electrice.* Editura didactică și pedagogică, 1977.
121. * * * *Legislația pentru investiții:* H.C.M.-900 din 1970 și Decretul 420 din 1976. B. O. 1970 și 1976.
122. A. CARABULEA *Modelarea sistemelor economico-inginerești. Probleme.* Editura didactică și pedagogică. București 1978.
123. CONSTANTINESCU P., GEORGESCU M., și NASTASEL E. *Analiză, decizie, control.* Editura tehnică, 1978.
124. SASSIN W., HOFFMANN F., SADNICKI M. *Medium-Term. Aspects of a coal revival Two case studies. Raport of the IIASA. Coal Task Force.* Laxemburg—august—1977.
125. HÄFELE W. et al. *Second status report of the IIASA. Project on energy systems — 1975.*

Initiation to the industrial systems engineering modelling of energy systems

The work „Initiation to the industrial systems' engineering. Modelling of energy systems" includes a series of methods and models of operational research meant to mark out the engineering ways of transforming the organization and management of production from an operational problem into a conception problem.

The work is divided into four chapters where are developed a series of problems concerning: the systemic conception of approaching the economic-engineering phenomena, the modelling of the industrial activity in the manner of operations research, the marking out of the methods of development of the energy systems and the construction of the base on which engineering operates, as well as the technical analysis of the value of both the new systems and of the systems in use.

On the ground of these concepts, methods and algorythms, a new way of thinking out and solving the problems occurring in the designing, erection and exploitation of industrial plants based on the systemic treatment of the units, is marked out, account being kept also of the influence of the system-surrounding correlations.

At the same time, aggregate mathematical models and logical calculus forms are constructed in view of the optimization of the energy systems' activity according to the research-design, construction-erection and exploitation-development phases. To this end, the author resorts both to the direct and reverse reaction functions and to the transfer functions in order to build up the optimal decision in the management of industrial systems in general and of energy systems in particular.

The theory of each chapter is supported by examples of engineering applications in the field of energy systems, with appeal to the mathematical theories of experimental research.

This way of systemically treating the economic-engineering problems induces the specialists in production and teaching to resort to reflection, because, in current practice, a tendency has been observed to treat the problems separately, without keeping account of the fact that any system should be integrated in the aggregate in which it is designed to operate.

The work „Initiation to the industrial systems' engineering. Modelling of energy systems" indicates the way the activity of industrial systems can be optimized on the ground of the systemic conception of approaching the phenomena, of the operations research models and of the calculus programs of efficiency indices, according to the idea that thinking may save labour.

Scanned with OKEN Scanner

Contents:

1. **Concepts of systems' engineering**
1.1. Systemic conception in the investigation of phenomena 15
1.2. Principal models of systems engineering
1.2.1. The concept of model 23
1.2.2. Synthesis models of the systems engineering 27
1.2.3. Specific models of the systems engineering 31
1.3. Structure elements of the production system
1.3.1. General considerations 36
1.3.2. Elements and methods of calculus 41
2. **Models in the operations research theory**
2.1. Considerations on the construction of the models' structure..... 75
2.2. Models in the theory of stocks and of waiting
2.2.1. Mathematical models in the theory of stocks 106
2.2.2. Mathematical models in the theory of waiting 111
2.3. Models in the theory of equipments and in the theory of production schedulling
2.3.1. Mathematical models in the theory of equipments 122
2.3.2. Safety in operation of industrial systems 126
2.3.3. Mathematical models in the theory of production 129
2.4. Models in the theory of human engineering and in the theory of research
2.4.1. Mathematical models in the theory of human engineering .. 143
2.4.2. Mathematical models in the theory of research 147
2.5. Models in the theory of investments
2.5.1. Mathematical models in the theory of investments efficiency 152
2.5.2. Characteristic aspects of the modelling of investments in energy systems 158
3. **Models in the prognosis theory and in the decision theory**
3.1. Models in the theory of prognosis 111
3.1.1. Basic problems concerning the prognosis of production systems 171
3.1.2. Models of prognosis in industrial systems 180
3.1.3. Models of prognosis in energy systems 191
3.1.4. Algorythm of the optimization of the power reserve in an energetic system 199
3.2. Models in the theory of decision
3.2.1. Basis of informations for the decision 210
3.2.2. Comentropic models of the informational flow 212
3.2.3. Models of decision in industrial systems 214
4. **Models in the costs theory and in the value engineering**
4.1. Models in the theory of production costs within discreet systems .. 227
4.2. Models in the theory of costs for the production of energy..... 233
4.3. Premises of value engineering used in the designing of industrial plants..... 239
4.3.1. Value analysis applied to the running of industrial plants
4.3.2. Value analysis applied to energy systems 240
5. **Bibliography**
6. **Annex**

Scanned with OKEN Scanner

Initiation à l'ingénierie des systèmes industriels modèles mathematiques des systemes d'énergie

L'ouvrage « Initiation à l'ingénierie des systèmes industriels. Modèles mathématiques des systèmes d'énergie » comprend une série de techniques et de modèles de la recherche opérationnelle destinés à jalonner les voies ingénieriques de transformation de l'organisation et de la direction de la production en un problème de conception à la place d'un problème opérationnel.

Dans le cadre de quatre chapitres, on développe dans l'ouvrage une série de problèmes concernant: la conception systémique sur la manière d'aborder les phénomènes economico-ingénieriques, les modèles mathématiques de l'activité des systèmes industriels à la manière de la recherche opérationnelle, le jalonnement des techniques de développement des systèmes d'énergie, la construction des bases à partir desquelles l'ingénierie opére et l'analyse technique de la valeur tant des nouveaux systèmes que des systèmes en fonction.

A base de ces concepts, méthodes et algorythmes, on jalonne une nouvelle voie de réflexion et de solution des problèmes reliés à l'élaboration des projets, du montage et de l'exploitation des installations industrielles à base du traitement systémique des objectifs, sans négliger l'influence des corrélations système-milieu.

On construit en même temps des modèles mathématiques agrégats et des schémas logiques de calcul en vue d'optimiser l'activité des systèmes d'énergie par phases de recherche-projet, construction-montage et exploitation-développement. Dans ce but, on fait appel tant aux fonctions directe et inverse qu'aux fonctions de transfert, dans l'idée de construire la décision optimale de direction des systèmes industriels en général et des systèmes d'énergie en particulier.

La théorie de chaque chapitre est appuyée par des exemples d'application ingénierique pris dans le domaine des systèmes d'énergie, appel étant fait aux théories mathématiques de la recherche opérationnelle.

Cette manière systémique de traiter les problèmes economico-ingénieriques oblige les spécialistes dans le domaine de la production et de l'enseignement à réfléchir, car on constate dans la pratique courante une tendance à traiter séparément les problèmes sans tenir compte du fait que tout système doit être intégré dans l'ensemble dans lequel il est destiné à fonctionner.

L'ouvrage « Initiation à l'ingénierie des systèmes. Modèles mathématiques des systèmes d'énergie » montre comment on peut optimiser l'activité des systèmes industriels à base de la conception systémique sur la manière d'aborder les phénomènes, à base des modèles de la recherche opérationnelle et à base des programmes de calcul des indices d'efficience dans l'idée d'économiser le travail par la réflexion.

Scanned with OKEN Scanner

Table des matieres:

1 Concept de l'ingénierie des systèmes

1.1. La conception systémique dans la recherche des phénomènes 15
1.2. Principaux modèles de l'ingénierie des systèmes
1.2.1. Le concept de modèle 23
1.2.2. Modèles de synthèse de l'ingénierie des systèmes 27
1.2.3. Modèles spécifiques de l'ingénierie des systèmes 31
1.3. Eléments de structure des systèmes de production
1.3.1. Considérations générales 36
1.3.2. Eléments et procédés de calcul 41

2. Modèles dans la théorie de la recherche opérationnelle

2.1. Considérations sur la construction de la structure des modèles 75
2.2. Modèles dans la théorie des stocks et de l'attente
2.2.1. Modèles mathématiques dans la théorie des stocks 106
2.2.2. Modèles mathématiques dans la théorie de l'attente 111
2.3. Modèles dans la théorie des équipements et dans la théorie de l'ordonnancement de la production
2.3.1. Modèles mathématiques dans la théorie des équipements
2.3.2. Fiabilité des systèmes industriels 122
2.3.3. Modèles mathématiques dans la théorie de l'ordonnancement de la production 126
2.4. Modèles dans la théorie de l'ingénierie humaine et dans la théorie de la recherche
2.4.1. Modèles mathématiques dans la théorie de l'ingénierie humaine 143
2.4.2. Modèles mathématiques dans la théorie de la recherche.... 147
2.5. Modèles dans la théorie des investissemets
2.5.1. Modèles mathématiques dans la théorie de l'efficience des investissements 152
2.5.2. Aspects caractéristiques des modèles mathématiques des investissements dans les systèmes d'énergie 158

3. Modèles dans la théorie de la prévision et dans la théorie de la décision

3.1. Modèles dans la théorie de la prévision
3.1.1. Problèmes de base concernant la prévision des systèmes de production 171
3.1.2. Modèles de prévision au niveau des systèmes industriels 180
3.1.3. Modèles de prévision au niveau des systèmes d'énergie..... 191
3.1.4. Algorythme de l'optimisation de la réserve de puissance au niveau d'un système énergétique 199
3.2. Modèles dans la théorie de la décision
3.2.1. Base d'informations pour la décision 210
3.2.2. Modèles comentropiques du flux informationnel 212
3.2.3. Modèles de décision au niveau des systèmes industriels 214

Scanned with OKEN Scanner

4. Modèles dans la théorie des coûts et dans l'ingénierie de la valeur

4.1. Modèles dans la théorie des coûts de production dans le cadre des systèmes discrets 227
4.2. Modèles dans la théorie des coûts pour la production d'énergie 233
4.3. Prémisses de l'ingénierie et de l'analyse de la valeur 239
4.3.1. Prémisses de l'ingénierie de la valeur avec application aux projets d'installations industrielles 240
4.3.2. Analyse de la valeur appliquée à l'exploitation des installations industrielles 242

5. Bibliografie

6. Annexe

Scanned with OKEN Scanner

Einführung in das engineering der industriesysteme modellierung der énergiesysteme

Das Buch „Einführung in das Engineering der Industriesysteme. Modellierung der Energiesysteme" enthält eine Reihe von Techniken und Modellen der Unternehmensforschung, mit der Absicht, die auf dem Gebiet des Engineerings bestehenden Wege abzustechen, die zur Umwandlung der Organisierung und Leitung der Produktion aus einer Betriebsfrage in eine Auffassungsfrage führen.

In vier Kapiteln werden in der Schrift eine Reihe von Fragen besprochen im Zusammenhang mit: der systemischen Auffassung zum Anschneiden der wirtschaftlichen und Engineeringserscheinungen, der Modellierung der Tätigkeit der Industriesysteme nach der Art der Unternehmungsforschung, der Abstechung der Entwicklungstechniken der Energiesysteme und dem Aufbau der Arbeitsgrundlage des Engineerings, wie auch der technischen Untersuchung des Wertes, sowohl am Niveau der neuen wie auch der in Tätigkeit befindlichen Systeme.

Auf Grund dieser Begriffe, Methoden und Algorithmen wird ein neuer Weg zur Überlegung und Lösung der Entwurfs-, Montage — und Betriebsfragen der Industrieanlagen auf Grund der systemischen Behandlung der Objektive abgestochen, ohne dass jedoch dabei der Einfluss der System-Umgebungskorrelationen vernachlässigt wird.

Gleichzeitig werden mathematische Aggregat-Modelle, wie auch logische Berechnungsschemata zwecks Optimierung der Tätigkeit der Energiesysteme im Rahmen der Phasen Forschung — Entwurf, Bau — Montage und Betrieb — Entwicklung aufgebaut.

Zu diesem Zweck werden sowohl die Übertragungsfunktionen, wie auch die unmittelbaren und Rück-Reaktionsfunktionen, zwecks Aufbau des optimalen Leitungsbeschlusses der Industriesysteme im allgemeinen und der Energiesysteme im besonderen, angewandt.

Der theoretische Teil jedes einzelnen Kapitels wird durch Engineeringsfragen auf dem Gebiet der Energiesysteme mit Beispielen belegt, wobei auf die mathematischen Theorien der Unternehmensforschung zurückgegriffen wird.

Diese Art der systemischen Behandlung der wirtschaftlichen und Engineeringsfragen macht Überlegungen seitens der Fachleute auf dem Gebiet der Produktion und des Lehrwesens nötig, da in der laufenden Praxis eine Neigung zur separaten Behandlung der Fragen festgestellt wird, wobei der Umstand nicht in Betracht gezogen wird, dass jedes System in die Gesamtheit integriert werden soll, im Rahmen deren dasselbe arbeitet.

Das Buch: „Einführung in das Engineering der Industriesysteme. Modellierung der Energiesysteme" zeigt auf die Art und Weise hin, auf welcher die Tätigkeit der Industriesysteme auf Grund der systemischen Auffassung des Anschneidens der Erscheinungen, auf Grund der Modelle der Unternehmungsforschung, wie auch der Berechnungsprogramme der Wirksamkeitskennzahlen optimiert werden kann, wobei davon ausgegangen wird, dass durch Denken eine Arbeitseinsparung gewährleistet werden soll.

Scanned with OKEN Scanner

Inhaltsverzeichnis:

1. Die Begriffe des System-Engineerings

1.1. Die systemische Auffassung im Rahmen der Erforschung der Erscheinungen 15

1.2. Die wichtigsten Modelle des System-Engineerings

1.2.1. Der Modellbegriff 23

1.2.2. Synthesemodelle des System-Engineerings 27

1.2.3. Spezifische Modelle des System-Engineerings 31

1.3. Gefügebestandteile der Produktionssysteme

1.3.1. Allgemeine Betrachtungen 36

1.3.2. Berechnungsangaben und — verfahren 41

2. Modelle auf dem Gebiet der Theorie der Unternehmungsforschung

2.1. Betrachtungen über den Aufbau des Modellgefüges 75

2.2. Modelle im Rahmen der Warenvorratstheorie und des Wartens 106

2.2.1. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Warenvorratstheorie 111

2.2.2. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Wartetheorie

2.3. Modelle im Rahmen der Ausrüstungstheorie und der Theorie der Produktionsprogrammierung

2.3.1. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Theorie der Ausrüstungen 122

2.3.2. Betriebssicherheit der Industriesysteme 126

2.3.3. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Produktionsprogrammierung 129

2.4. Modelle auf dem Gebiet der Theorie des Menschen-Engineerings und der Suchtheorie

2.4.1. Mathematische Modelle auf dem Gebiet des Menschen-Engineerings 143

2.4.2. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Suchtheorie

2.5. Modelle auf dem Gebiet der Investitionstheorie

2.5.1. Mathematische Modelle auf dem Gebiet der Theorie der Investitionswirksamkeit 147

2.5.2. Kennzeichnende Gesichtspunkte der Modellierung der Investitionen am Niveau der Energiesysteme 158

Scanned with OKEN Scanner

3. Modelle auf dem Gebiet der Prognose und der Beschlusstheorie

3.1. Modelle auf dem Gebiet der Prognose

3.1.1. Grundfragen im Zusammenhang mit der Prognose der Produktionssysteme 171

3.1.2. Prognosemodelle am Niveau der Industriesysteme 180

3.1.3. Prognosemodelle am Niveau der Energiesysteme 191

3.1.4. Der Algorithmus der Optimierung der Leistungsreserve am Niveau eines energetischen Systems 199

3.2. Modelle auf dem Gebiet der Beschlusstheorie

3.2.1. Die Informationsgrundlage zur Fassung des Beschlusses 210

3.2.2. Komentrophische Modelle des Informationsflusses 212

3.2.3. Beschlussfassungsmodelle am Niveau der Industrie-systeme

4. Modelle auf dem Gebiet der Theorie der Kosten und des Wert-Engineerings

4.1. Modelle auf dem Gebiet der Produktionskostentheorie im Rahmen der diskreten Systeme 227

4.2. Modelle auf dem Gebiet der Kostentheorie zur Erzeugung von Energie 237

4.3. Voraussetzungen des Engineerings und der Wertanalyse 239

4.3.1. Voraussetzungen des Wert-Engineerings unter Anwendung auf den Entwurf der Industrieanlagen 240

4.3.2. Auf den Betrieb von Industrieanlagen angewandte Wert-analyse 242

5. Literaturnachweis

6. Beilage

Scanned with OKEN Scanner

Введение в инженерство промышленных систем. Моделирование систем энергии

В работе «Введение в инженерство промышленных систем. Моделирование систем энергии» изложен ряд технических способов и моделей операционного исследования с целью выявления инженерных путей для перевода организации и управления производством с операционного вопроса в вопрос концепции.

В четырех главах работы рассматривается ряд вопросов, относящихся к: системной концепции подхода к инженерно-экономическим явлениям, моделированию работы промышленных систем способами операционного исследования, выявлению технических способов развития систем энергии и построению баз, которыми оперирует инженерство, и техническому анализу стоимости на уровне как ковых систем, так и работающих.

На основе этих концептов, методов и алгоритмов намечается новый путь мышления и решения вопросов проектирования, монтажа и эксплуатации промышленных установок на основе системного подхода к объектам не пренебрегая взаимодействием система-среда.

Построены также агрегатные математические модели и логические схемы вычисления ввиду оптимизации работы систем энергии на стадиях исследования-проектирования, строительчтва-монтажа и эксплуатациираз вития.

С этой целью прибегается как к передаточным функциям, так и к функциям рямой и обратной связи для разработки оптимального решения управления промышленными системами в общем и системами энергии в частности.

В каждой главе теория иллюстрируется на примерах инженерных применений в области систем энергии прибегая к математическим теориям операционного исследования.

Данный системный подход к инженерно-экономическим вопросам заставляет специалистов промышленности и вузов подумать о том, что в текущей практике константируется тенденция отдельно подходить к этим вопросам без учета того факта, что любая система должна быть интегрирована в тот ансамбль, котором она будет работать.

В работе «Введение в инженерство промышленных систем. Моделирование систем энергии» показан способ оптимизации работы промышленных систем на осно весистемной концепции подхода к явления, моделей операционного исследования и программ вычисления показателей эффективности преследуя цель съэкономить труд мышлением.

Scanned with OKEN Scanner

Содержание:

1. Концепты инженерства систем

1.1. Системная концепция исследования явлений 15
1.2. Главные модели инженерства систем
1.2.1. Концепт модели 23
1.2.2. Модели синтеза инженерства систем 27
1.2.3. Специфические модели инженерства систем 31
1.3. Структурные элементы производственных систем
1.3.1. Общие соображения 36
1.3.2. Элементы и способы расчета 41

2. Модели теории операционного исследования

2.1. Соображения относительно построения структуры моделей 75
2.2. Модели теории запасов и теории массового обслуживания
2.2.1. Математические модели теории запасов 106
2.2.2. Математические модели теории массового обслуживания 111
2.3. Модели теории оборудования и теории распределения производства
2.3.1. Математические модели теории оборудования 122
2.3.2. Надежность работы промышленных систем 126
2.3.3. Математические модели теории распределения производства 129
2.4. Модели теории человеческого инженерства и теории поиска
2.4.1 Математические модели теории человеческого инженерства .. 143
2.4.2. Математические модели теории поиска 147
2.5. Модели теории капиталовложений
2.5.1. Математические модели теории эффективности капиталовложений 152
2.5.2. Характерные черты моделирования капиталовложений на уровне систем энергии 158

3. Модели теории прогноза и теории принятия решений

3.1. Модели теории прогноза
3.1.1. Основные вопросы прогноза производственных систем 171
3.1.2. Модели прогноза на уровне промышленных систем 180
3.1.3. Модели прогноза на уровне систем энергии 191

Scanned with OKEN Scanner

3.1.4. Алгоритм оптимизации резервов мощности на уровне энергетической системы 199
3.2. Модели теории принятия решений
3.2.1. Информационная основа решений 210
3.2.2. Комэнтропические модели информационного потока 212
3.2.3. Модели решений на уровне промышленных систем..... 214

4. Модели теории расходов и инженерства стоимостей

4.1. Модели теории производственных расходов в рамках дискретных систем 227
4.2. Модели теории расходов для производства энергии..... 233
4.3. Предпосылки инженерства и анализа стоимости..... 239
4.3.1. Предпосылки инженерства стоимости применительно к проектированию промышленного оборудования 240
4.3.2. Анализ стоимости, применный в эксплуатации промышленного оборудования 242

5. Литература

6. Приложение

Scanned with OKEN Scanner

"O atenţie deosebită va trebui să acordăm perfecţionării şi funcţionării în cele mai bune condiţii a noului mecanism economico-financiar. Va trebui să înţelegem bine rolul legităţilor economice şi să aplicăm cerinţele acestora la condiţiile concrete ale dezvoltării economico-sociale a României în noua etapă."

NICOLAE CEAUSESCU

MECANISMUL DE FUNCŢIONARE A ECONOMIEI NAŢIONALE

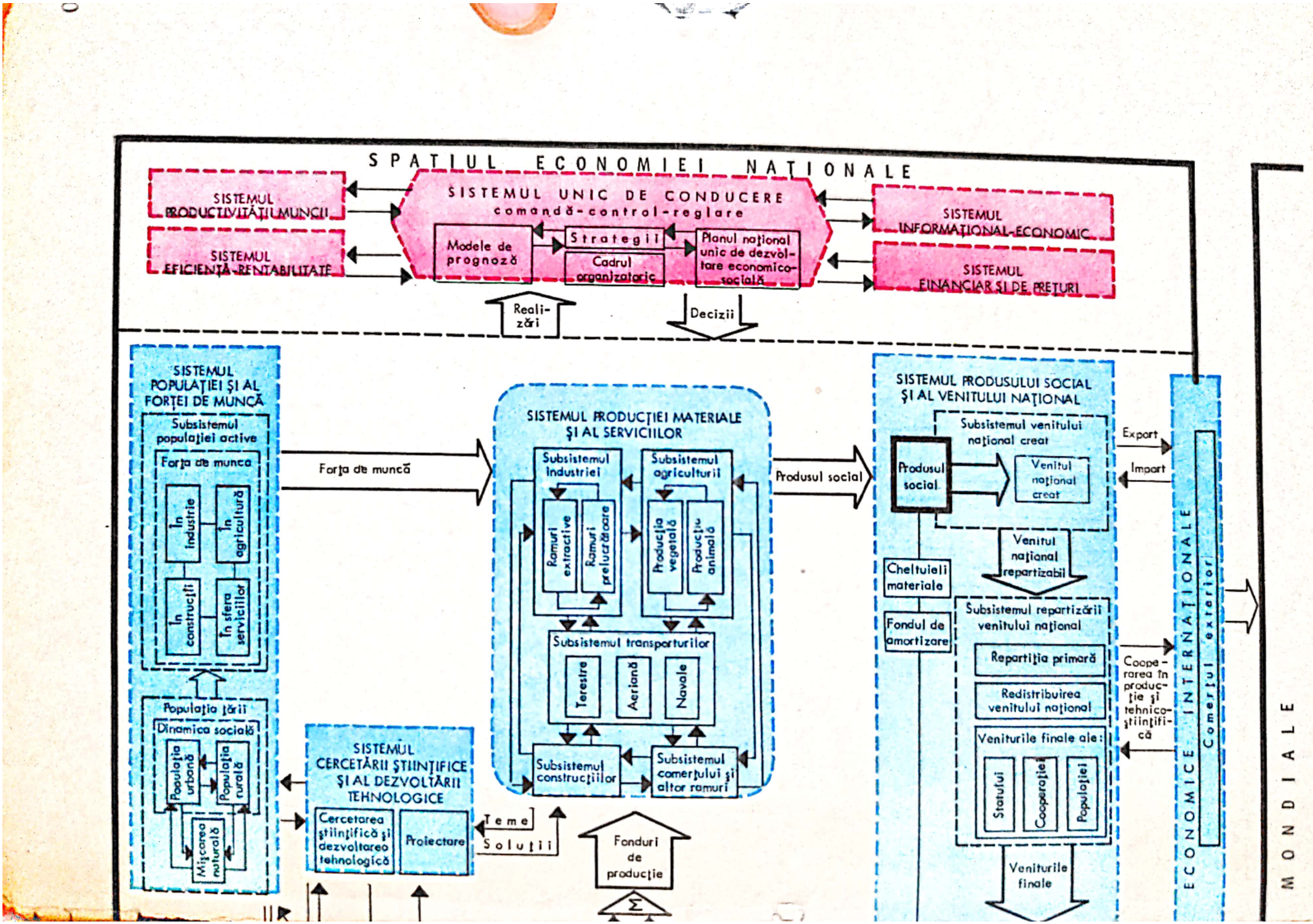
FUNCŢII

PRINCIPII

- Autoconducerea muncitorească, conducere colectivă
- Autogestiunea economico-financiară
- Constituirea fondurilor proprii şi asigurarea autofinanţării
- Conducerea activităţii financiare pe baza bugetelor de venituri şi cheltuieli
- Fundamentarea sarcinilor de plan pe contracte economice
- Îmbinarea autonomiei economico-financiare cu centralismul democratic
- Gospodărirea cu eficienţă maximă a fondurilor băneşti şi materiale, organizarea pe baze ştiinţifice a tuturor activităţilor din unitate

- Elaborarea şi fundamentarea sarcinilor de plan
- Cercetarea ştiinţifică, dezvoltarea tehnologică şi introducerea progresului tehnic
- Organizarea producţiei şi a muncii
- Asigurarea aprovizionării tehnico-materiale şi desfacerii producţiei
- Gestionarea eficientă a patrimoniului încredinţat de societate; încheierea bilanţului; deschiderea şi utilizarea contului la bancă; crearea de relaţii economice, financiare şi juridice cu alte unităţi
- Controlul financiar preventiv şi controlul financiar intern
- Selecţionarea, pregătirea şi perfecţionarea cadrelor

Scanned with OKEN Scanner



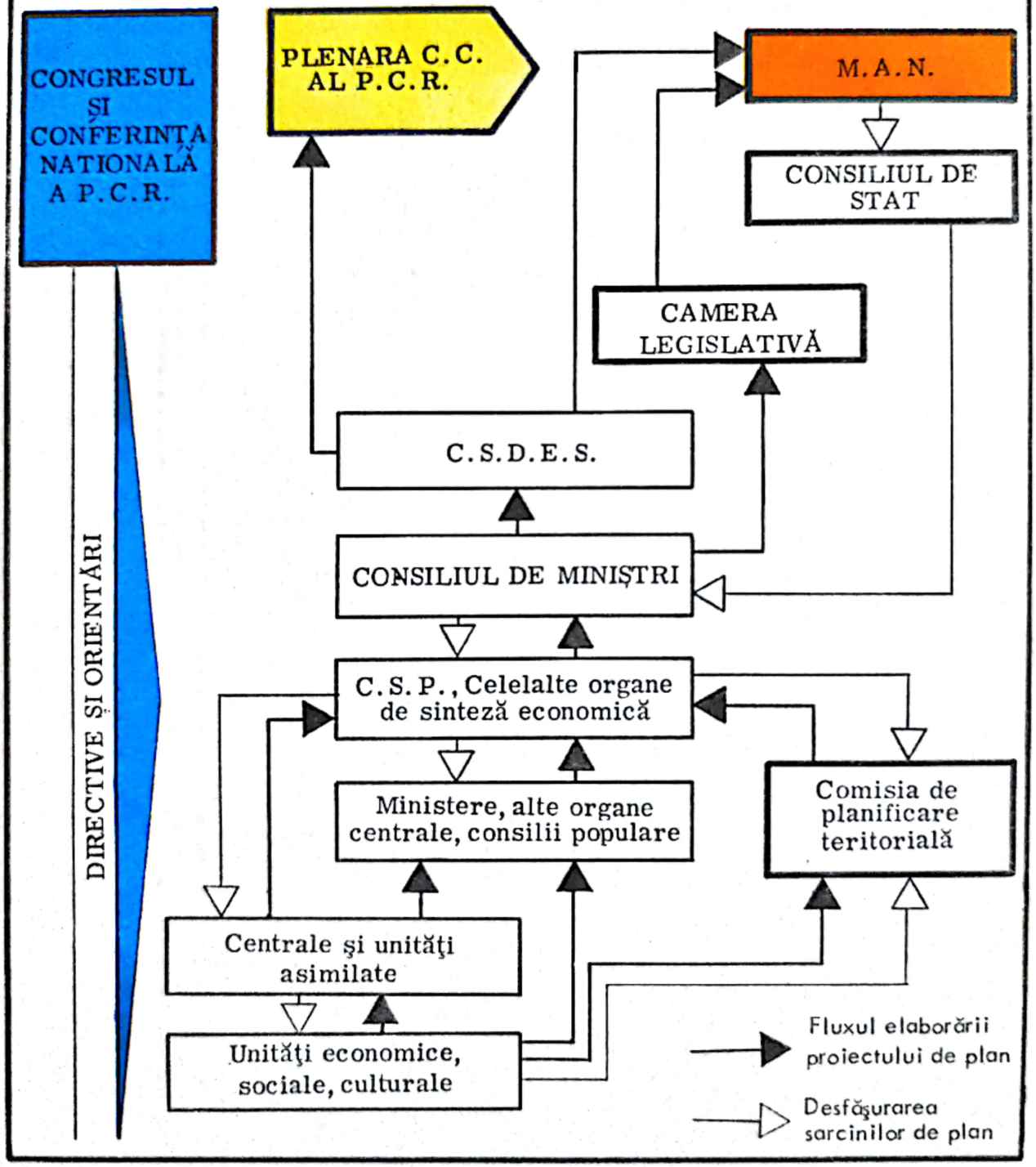
Scanned with OKEN Scanner

SPAȚIUL ECONOMIEI
SISTEMUL RELAȚIILOR
Cooperare economică în producție și tehnico - științifică
Fondul de consum
Subsistemul utilizării finale a venitului național
Fondul de consum
Fondul de acumulare
Fondul de acumulare
Subsistemul formării și repartizării fondului național de dezvoltare economico-socială
Fondul național de dezvoltare economico-socială
Repartizarea fondului național de dezvoltare economico-socială
Investițiile destinate ramurilor producției materiale
Investițiile destinate sectorului social - cultural și construcției de locuințe
Creșterea stocurilor și rezervelor
SISTEMUL AVUȚIEI NAȚIONALE
Bunuri materiale acumulate
Fonduri fixe în sfera producției materiale
Fonduri fixe în sfera serviciilor social-culturale
Fondul de locuințe și dotări edilitare
Stocuri și rezerve materiale și valutare
Inventarul casnic al populației
Patrimoniul național cultural și științific
Opere de artă
Colecții
Valori de licențe
Resurse naturale
Resursele solului
Fond funciar
Fond forestier
Fond de vînătoare și pescuit
Resurse hidro
Alte resurse
Resursele subsolului
Combustibili primari
Substanțe minerale utile
Alte resurse
Resurse umane
Populația țării
Populația în curs de instruire
Pe forme de învățămînt
Populația activă
Pe ramurile economiei naționale
Pe domenii de activitate
Potențialul de viață al populației
Total
Activă
Subsistemul potențialului creativ al națiunii
Stocul de instrucție publică
Stocul de știință și tehnologie
Stocul de cultură și civilizație
Stocul sănătății publice
Stocul de informații
Potențialul de creștere a bunăstării naționale
Forța de muncă
Nivelul de trai
SISTEMUL BUNĂSTĂRII NAȚIUNII
Subsistemul nivelului de trai material
Consumul de bunuri alimentare și nealimentare
Consumul de servicii
Subsistemul nivelului cultural al populației
Instrucția publică
Cultura și arta
Fondul de consum

"Să avem permanent în vedere că nu putem slăbi sub nici o formă conducerea unitară a activităţii economico-sociale pe baza planului unic - care trebuie să îmbine interesele fiecărei unităţi, ale fiecărui colectiv de oameni ai muncii cu interesele generale ale societăţii noastre socialiste, ale întregului popor."

NICOLAE CEAUŞESCU

SCHEMA ELABORĂRII PROPUNERILOR DE PLAN ŞI DE DESFĂŞURARE A INDICATORILOR ADOPTAŢI PRIN PLANUL NAŢIONAL UNIC



"Trebuie să se afirme cu putere autoconducerea muncitorească, democraţia nouă, în care muncitorii, ţăranii, oamenii muncii din patria noastră - stăpîni pe destinele lor - îşi făuresc conştient şi liber viitorul. Ei trebuie să gospodărească şi să conducă în aşa fel economia încît să asigure mersul tot mai ferm şi mai rapid al ţării noastre spre înaltele piscuri ale societăţii comuniste."

NICOLAE CEAUSESCU

OBIECTIVELE AUTOCONDUCERII MUNCITOREŞTI

AUTOCONDUCEREA MUNCITOREASCĂ,
componentă a democraţiei socialiste, instituţionalizează participarea oamenilor muncii la conducerea unităţilor din care fac parte

PRIN AUTOCONDUCERE

Se îmbină

- răspunderea directă şi nemijlocită a fiecărui colectiv de oameni ai muncii pentru buna folosire a mijloacelor încredinţate de societate, parte a proprietăţii întregului popor cu aplicarea principiului centralismului democratic, în vederea conducerii unitare a economiei, elaborării şi punerii în aplicare a planului naţional unic de dezvoltare economico-socială

Se asigură

- cadrul optim de manifestare largă a iniţiativei, experienţei şi gîndirii creatoare a tuturor oamenilor muncii, de stimulare a inovaţiei tehnice şi progresului ştiinţific, de ridicare pe o treaptă superioară a întregii activităţi de producţie, de îndeplinirea în condiţii cît mai bune a sarcinilor de plan

Se înfăptuieşte

- organizarea şi desfăşurarea activităţii unităţilor economice printr-un sistem de organe de conducere colective, investite prin lege cu atribuţii, drepturi şi răspunderi colective şi individuale

ORGANELE DE AUTOCONDUCERE MUNCITOREASCĂ

- ADUNAREA GENERALĂ A OAMENILOR MUNCII
- CONSILIUL OAMENILOR MUNCII
- BIROUL EXECUTIV AL CONSILIULUI OAMENILOR MUNCII

- au caracter deliberativ, dezbat şi adoptă hotărîri în toate problemele esenţiale ale activităţii unităţii economice

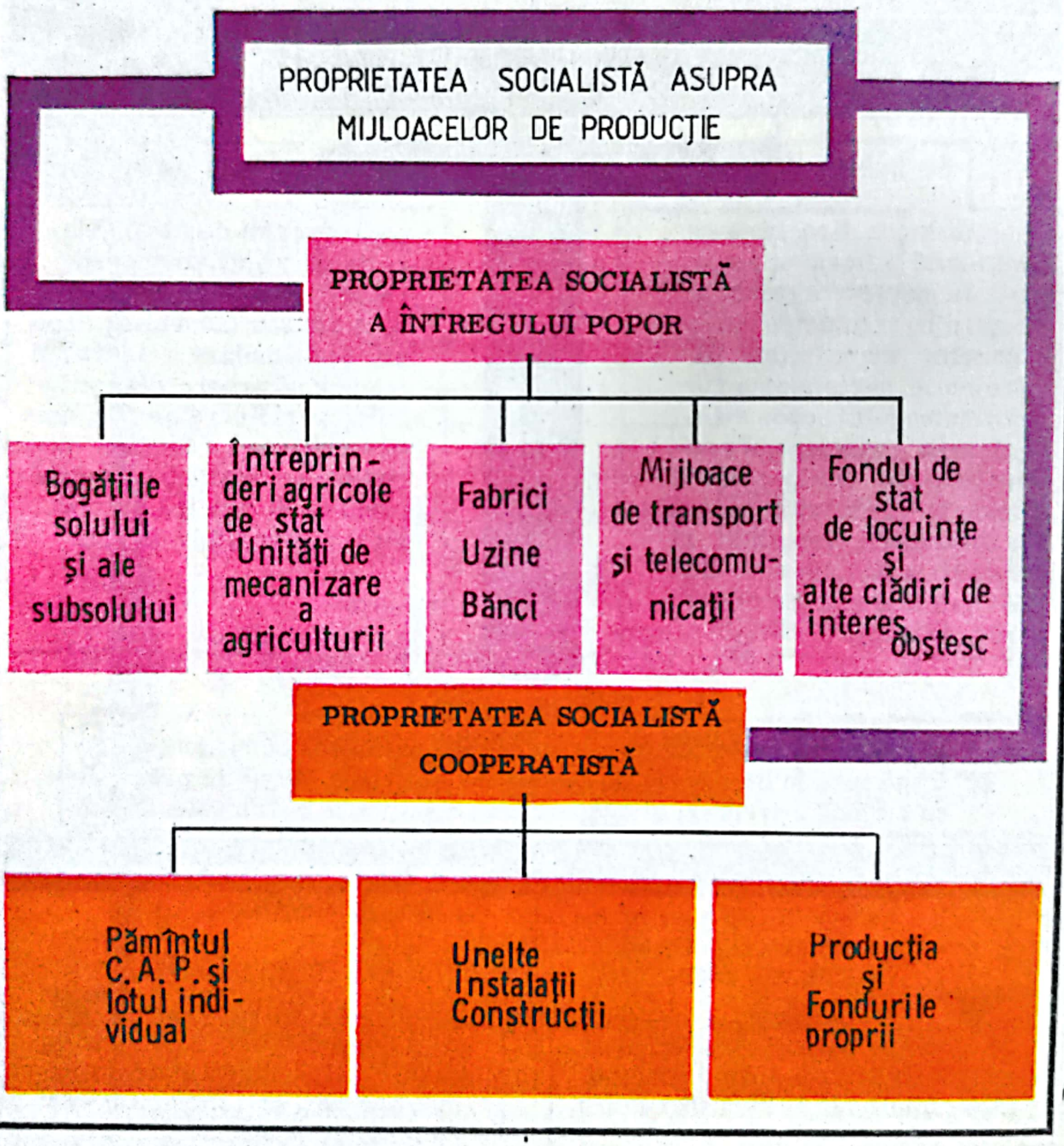
- sînt integrate într-un sistem de funcţionare unitară şi democratică a conducerii întregii economii naţionale

Scanned with OKEN Scanner

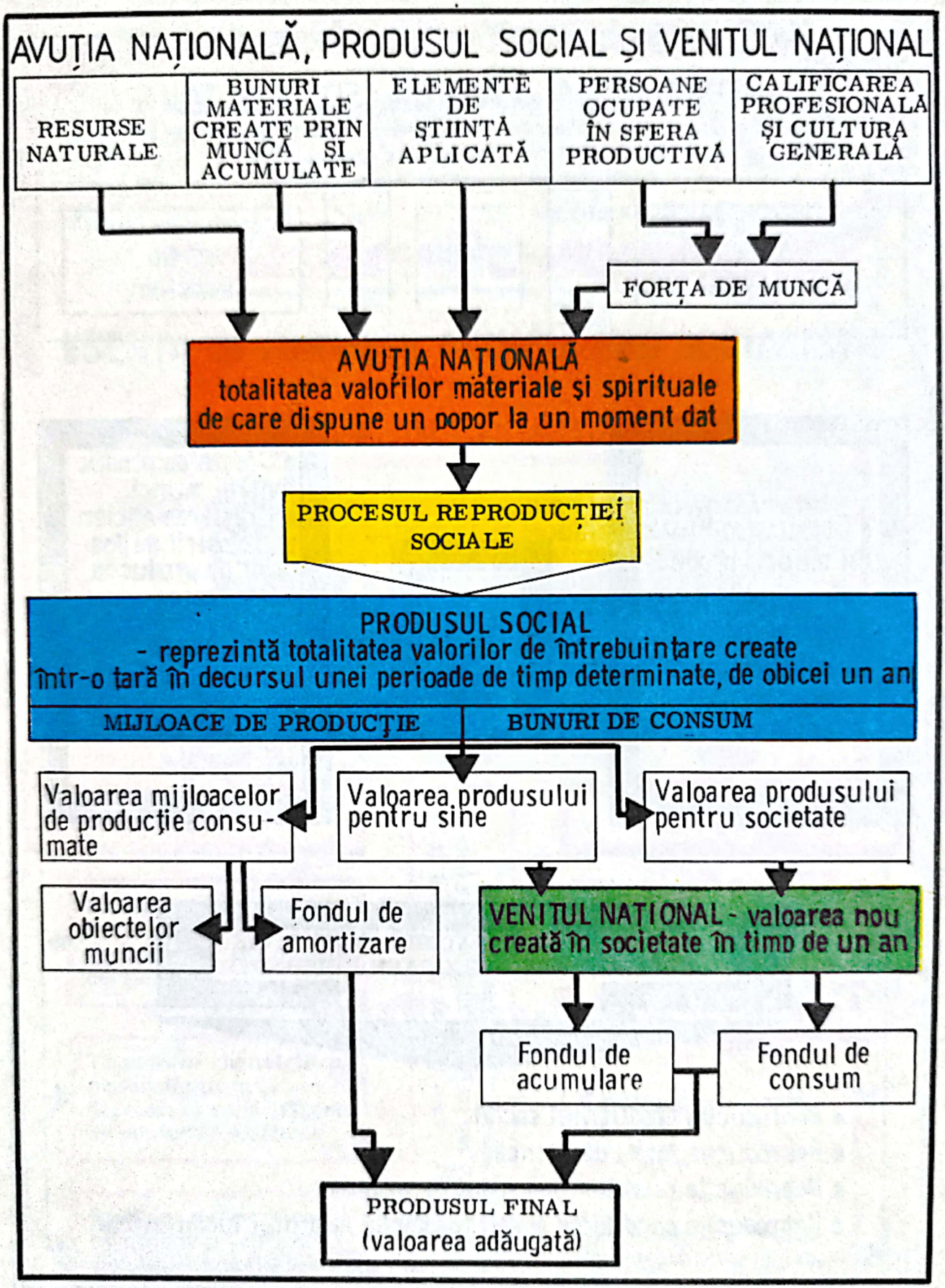
"Un rol important îl au consolidarea şi dezvoltarea în continuare a proprietăţii socialiste de stat şi cooperatiste, ca bază trainică a făuririi socialismului şi comunismului. Această formă de proprietate asupra mijloacelor de producţie constituie una din legităţile obiective fundamentale şi determinante în raport cu alte legi economice obiective."

NICOLAE CEAUSESCU

FORMELE PROPRIETĂŢII SOCIALISTE

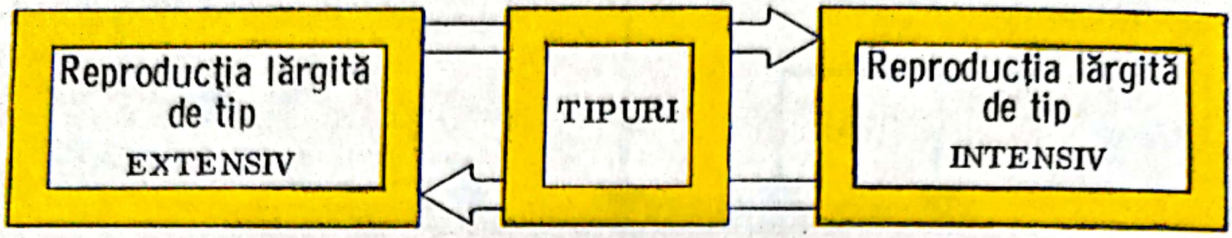


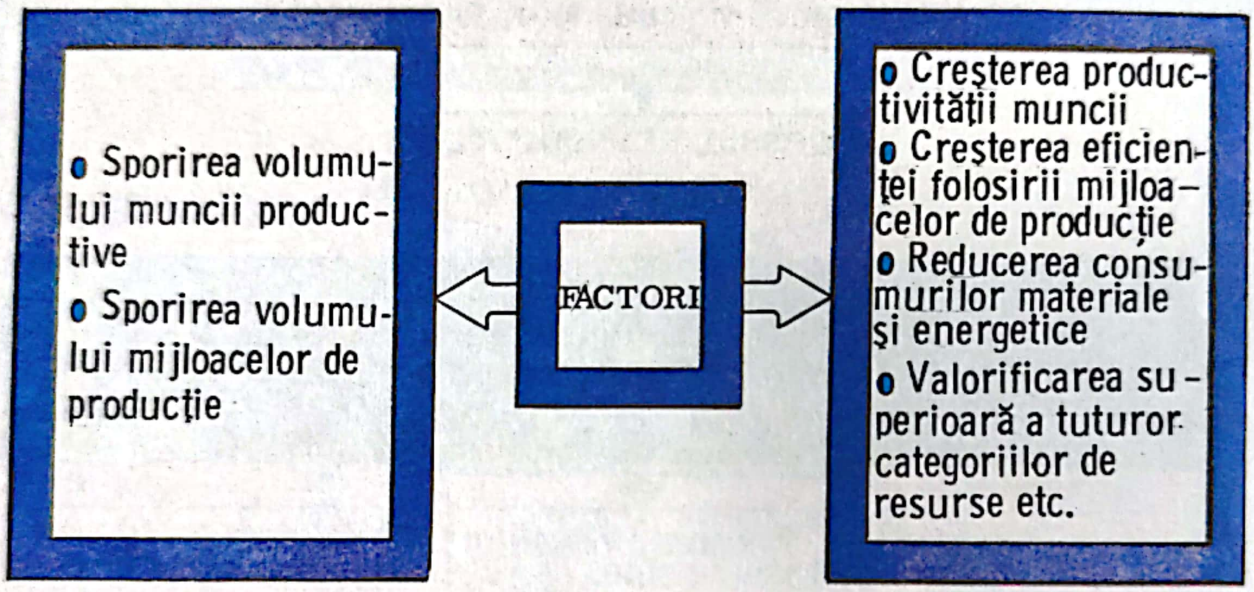
AVUȚIA NAȚIONALĂ, PRODUSUL SOCIAL ȘI VENITUL NAȚIONAL



Scanned with OKEN Scanner

REPRODUCȚIA LĂRGITĂ SOCIALISTĂ





REPRODUCȚIA SOCIALISTĂ CONSTITUIE UN PROCES COMPLEX CARE CUPRINDE:

- Reproducția produsului social
- Reproducția forței de muncă
- Reproducția relațiilor de producție socialiste
- Reproducția condițiilor pentru protecția mediului înconjurător

Scanned with OKEN Scanner

"Acumularea, deci alocarea unui procent important din venitul naţional pentru dezvoltare, constituie o necesitate obiectivă, o lege a construcţiei socialiste pentru progresul general al societăţii şi ridicarea bunăstării materiale şi spirituale a poporului".

NICOLAE CEAUŞESCU

ESENȚA ȘI FORMELE ACUMULĂRII SOCIALISTE

ACUMULAREA SOCIALISTĂ

ESENŢA : PROCESUL DE CREARE A UNOR NOI CAPACITĂŢI DE PRODUCŢIE, LĂRGIREA ŞI MODERNIZAREA CELOR EXISTENTE, PRECUM ŞI DE DEZVOLTARE A BAZEI MATERIALE A SFEREI NEPRODUCTIVE PE SEAMA FOLOSIRII EFICIENTE A FONDULUI NAŢIONAL DE DEZVOLTARE ECONOMICO - SOCIALĂ A ŢĂRII

SURSA : FONDUL NAŢIONAL DE DEZVOLTARE ECONOMICO - SOCIALĂ

PRODUCTIVĂ

- Investiţii în noi fabrici, uzine, centrale electrice şi alte capacităţi de producţie
- Finanţarea cheltuielilor pentru lărgirea şi modernizarea capacităţilor de producţie existente
- Sporirea mijloacelor circulante potrivit nevoilor bunei funcţionări a economiei naţionale

Constituirea unor fonduri de rezervă şi asigurare sub formă de mijloace de producţie şi bunuri de consum

NEPRODUCTIVĂ

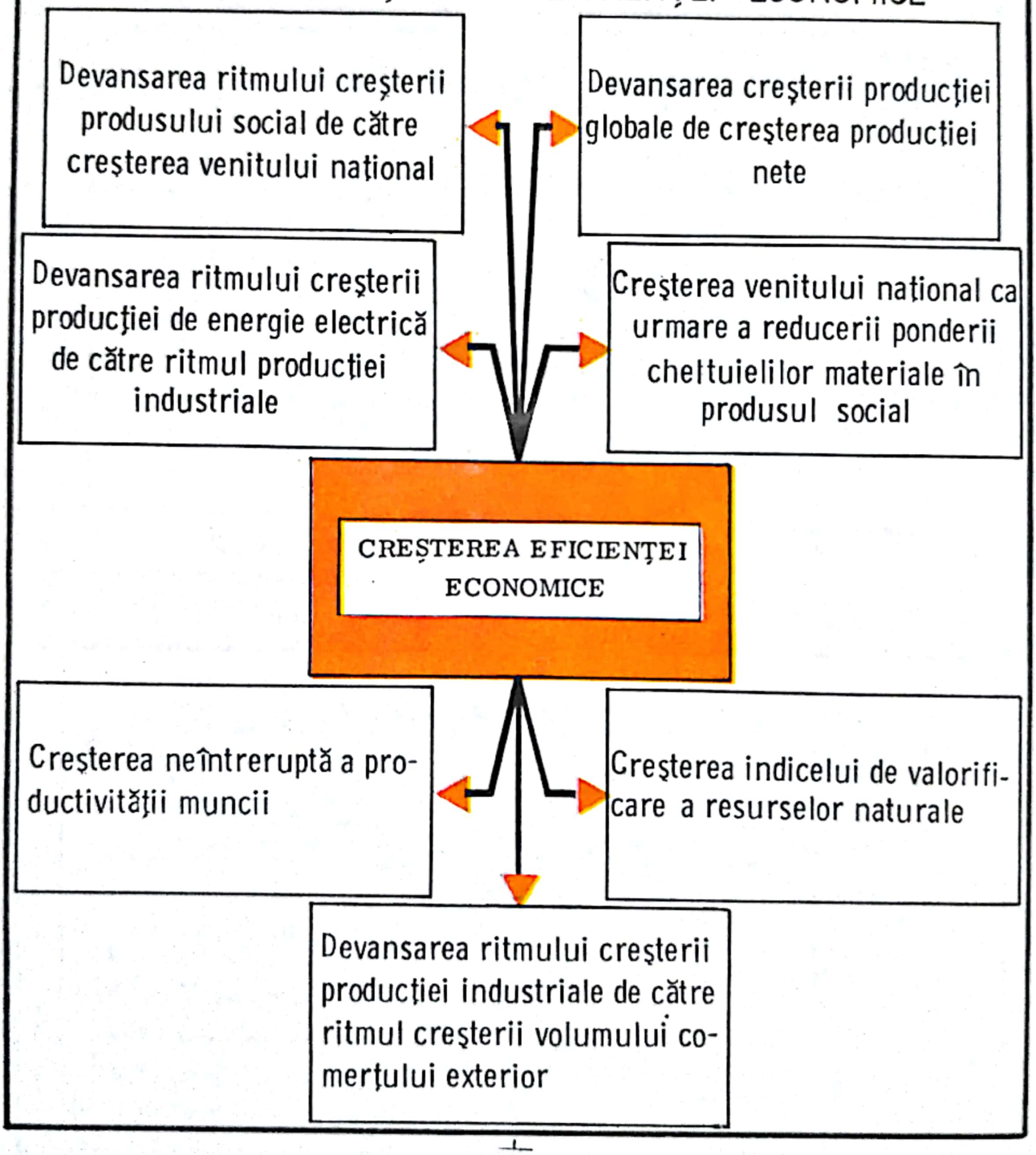
- Construcţii de noi şcoli, spitale, instituţii social-culturale
- Construcţii de locuinţe
- Alte construcţii neproductive de interes general

Scanned with OKEN Scanner

"Va trebui să acţionăm cu toată fermitatea pentru aşezarea întregii activităţi economico-sociale pe principiul autoconducerii şi autogestiunii, făcînd totul ca fiecare unitate să obţină creşterea continuă a eficienţei economice şi rentabilităţii. Societatea socialistă nu se poate dezvolta decît pe baza unei înalte eficienţe şi rentabilităţi în toate domeniile."

NICOLAE CEAUȘESCU

CĂILE DE CREȘTERE A EFICIENȚEI ECONOMICE



Scanned with OKEN Scanner

ESENȚA ȘI FORMELE REPARTIȚIEI ÎN SOCIALISM

RETRIBUȚIA DUPĂ MUNCĂ REPREZINTĂ

- o categorie economică care arată calitatea oamenilor muncii de proprietari, producători și beneficiari
- o cheltuială de muncă vie pe care o face întreprinderea pentru un anumit volum de valori de întrebuințare
- sursă a refacerii și reproducției forței de muncă
- stimulentul economic cel mai important al participării membrilor societății la producția socială
- forma de manifestare a celei mai mari părți din fondul de compensare a cheltuielilor de forță de muncă

PRINCIPALELE OBIECTIVE ALE COINTERESĂRII MATERIALE

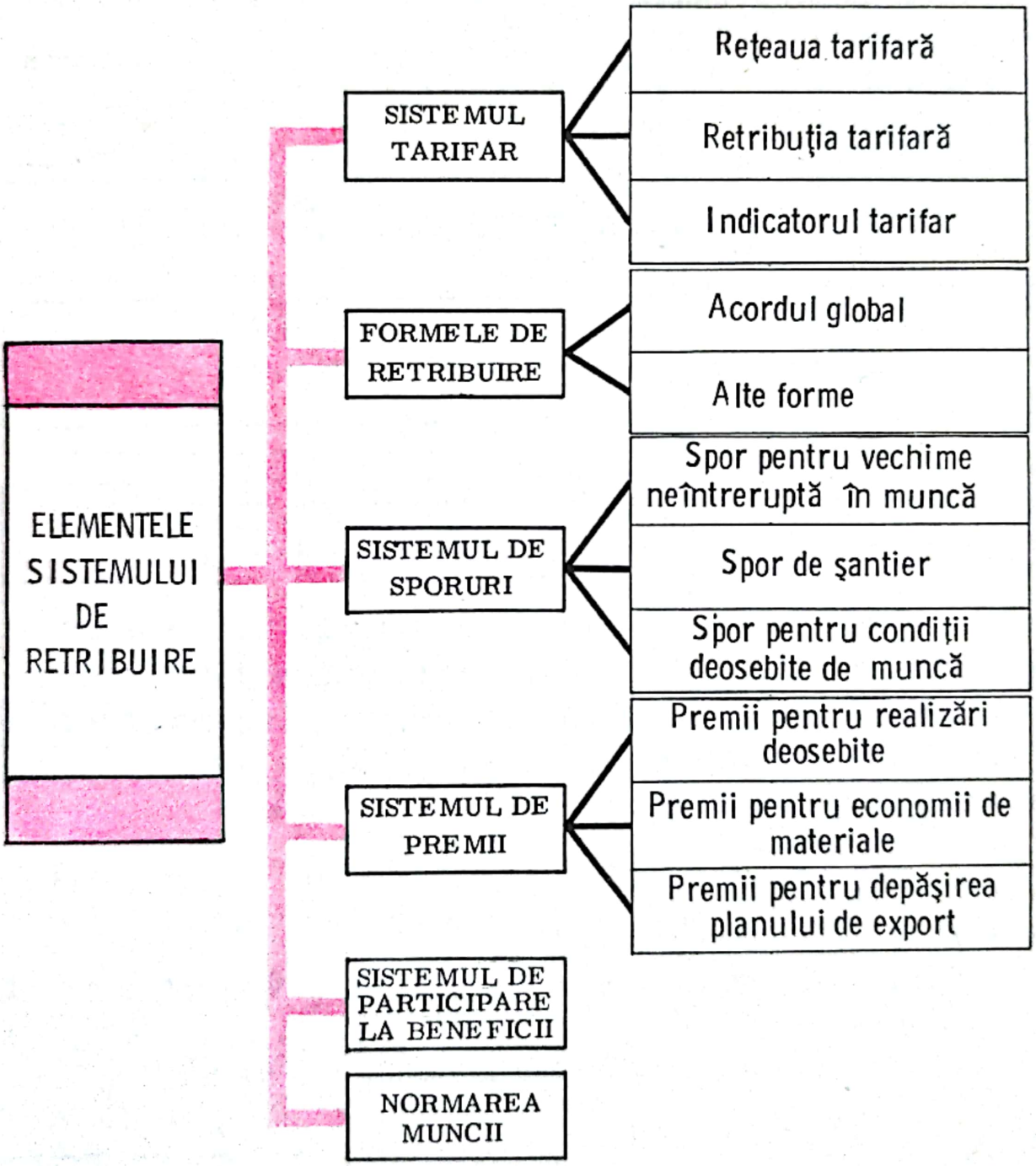
- Orientarea interesului individual în aceeași direcție cu interesul general
- Realizarea proporționalității economice prin pregătirea și atragerea forței de muncă în ramurile de bază ale economiei, prin diferențierea retribuției după importanța muncii depuse
- Formarea și dezvoltarea deprinderii de a munci, transformarea treptată a muncii într-o necesitate înțeleasă
- Ridicarea calificării forței de muncă
- Creșterea productivității muncii
- Stimularea creativității maselor, a promovării noului în cercetare și în producție
- Înfăptuirea repartiției în spiritul eticii și echității socialiste

Scanned with OKEN Scanner

"Autoconducerea şi autogestiunea economico-financiară impun, totodată, aplicarea fermă a principiilor noului sistem de retribuire - acordul global - legarea strînsă a veniturilor fiecărui om al muncii de rezultatele concrete ale activităţii desfăşurate."

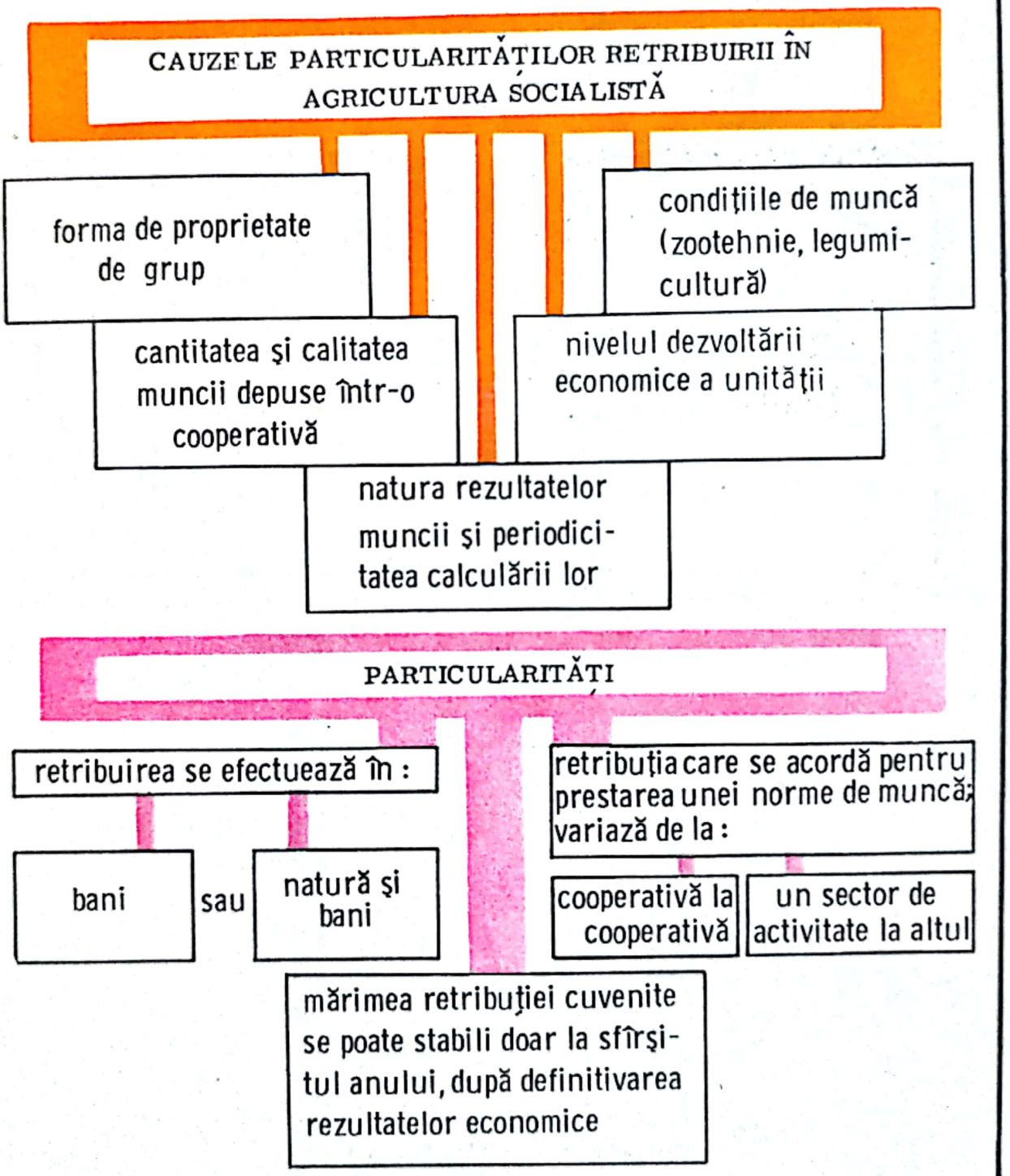
NICOLAE CEAUŞESCU

SISTEMUL SOCIALIST DE RETRIBUIRE DUPĂ MUNCĂ



Scanned with OKEN Scanner

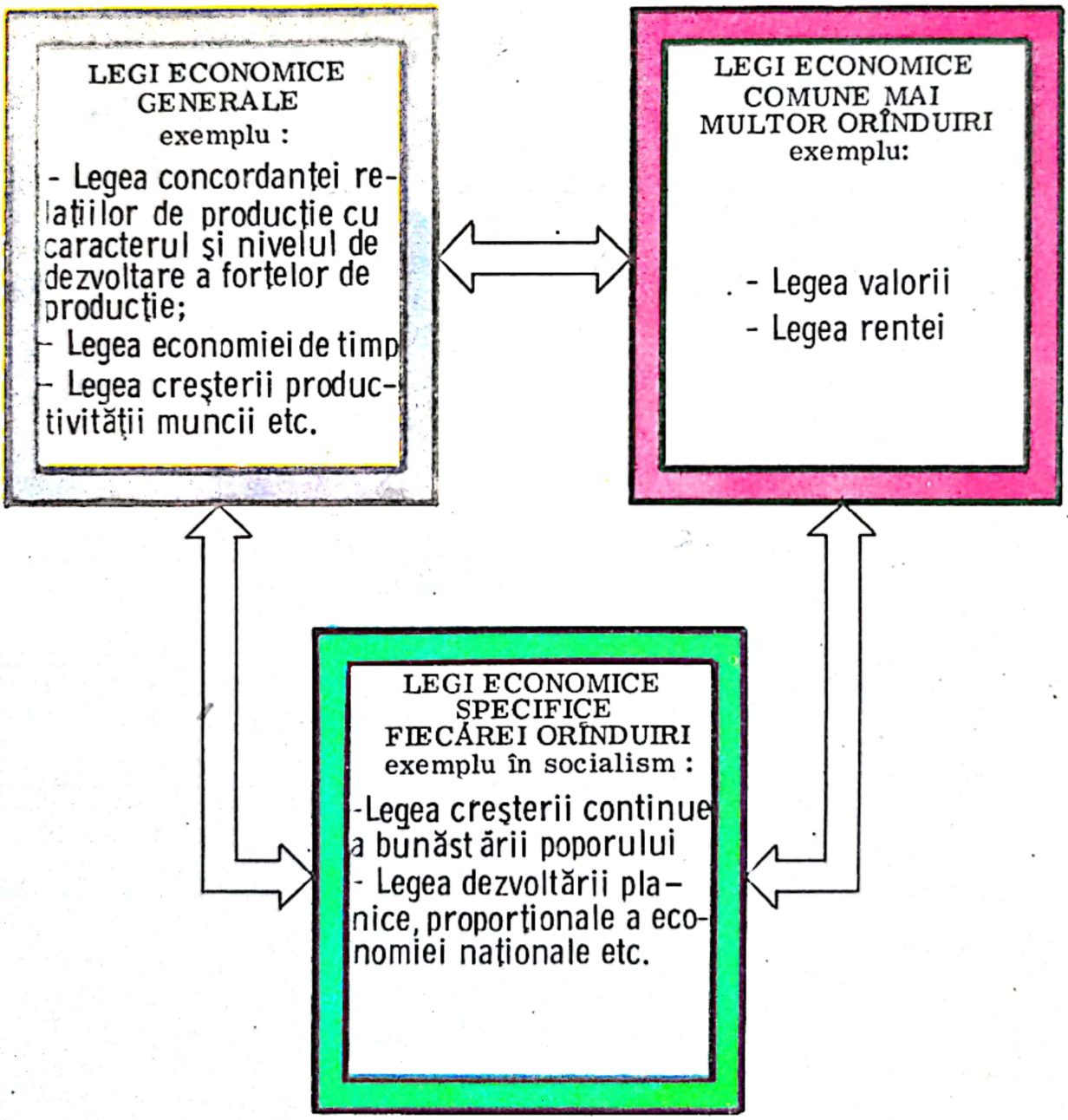
REPARTIȚIA DUPĂ MUNCĂ ÎN UNITĂȚILE COOPERATISTE DIN AGRICULTURĂ



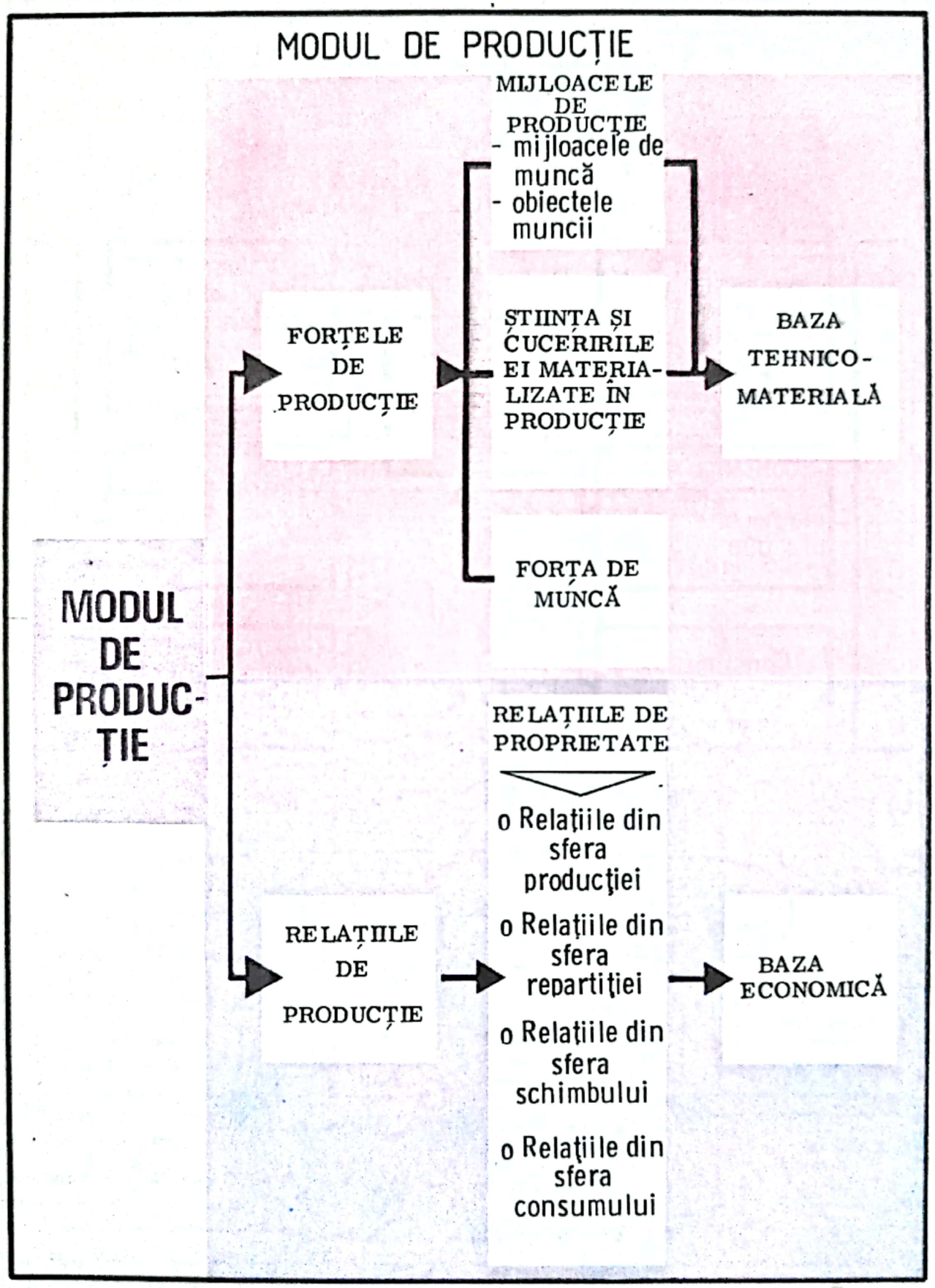
"Înţelegerea şi aplicarea legilor economice generale trebuie să aibă ca scop perfecţionarea modului de producţie socialist, a forţelor şi relaţiilor de producţie şi sociale. Să acţionăm în mod conştient în aplicarea legilor economice înlăturînd voluntarismul, dar şi acţionarea de la sine a acestora."

NICOLAE CEAUSESCU

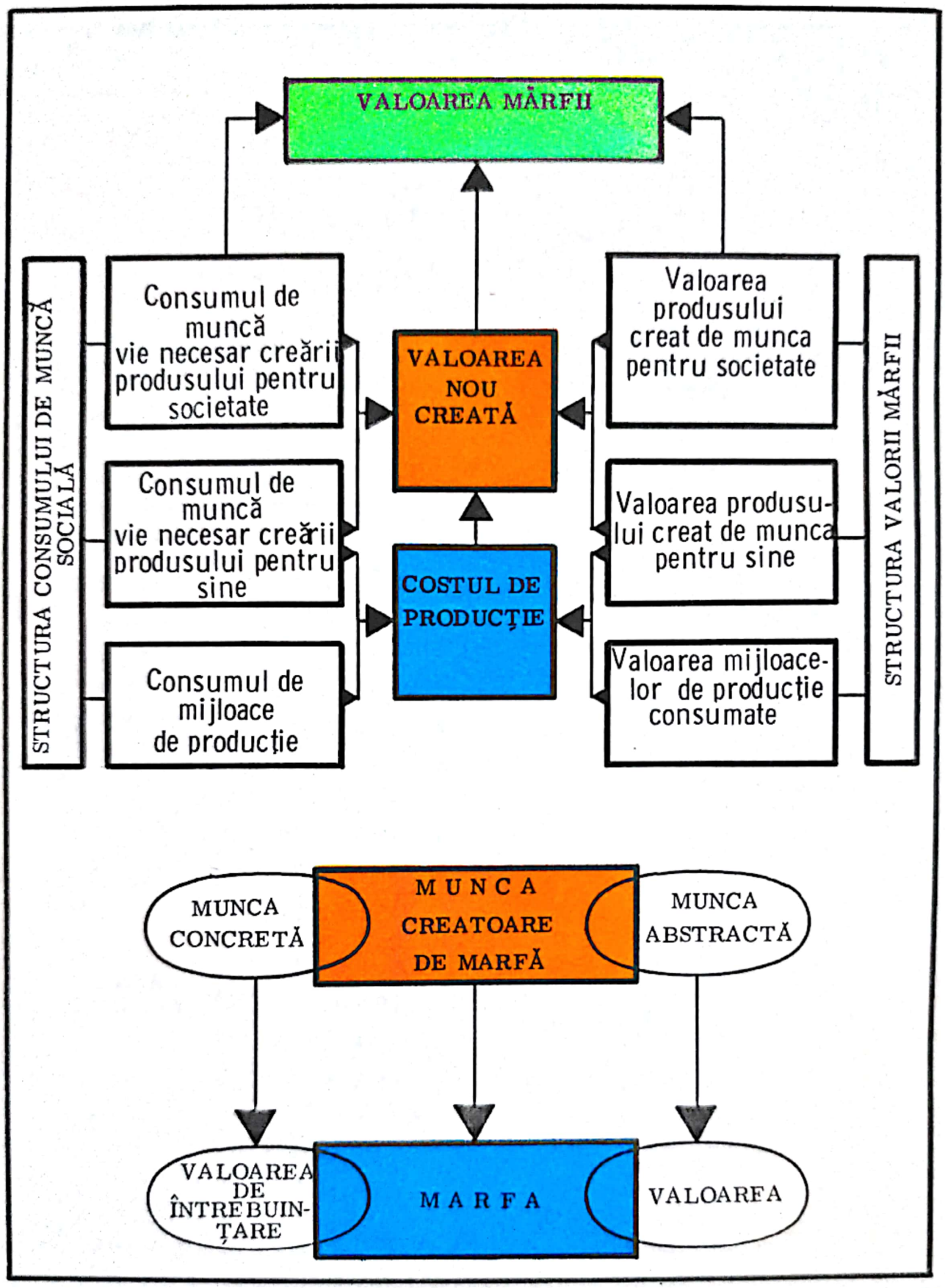
LEGILE ECONOMICE



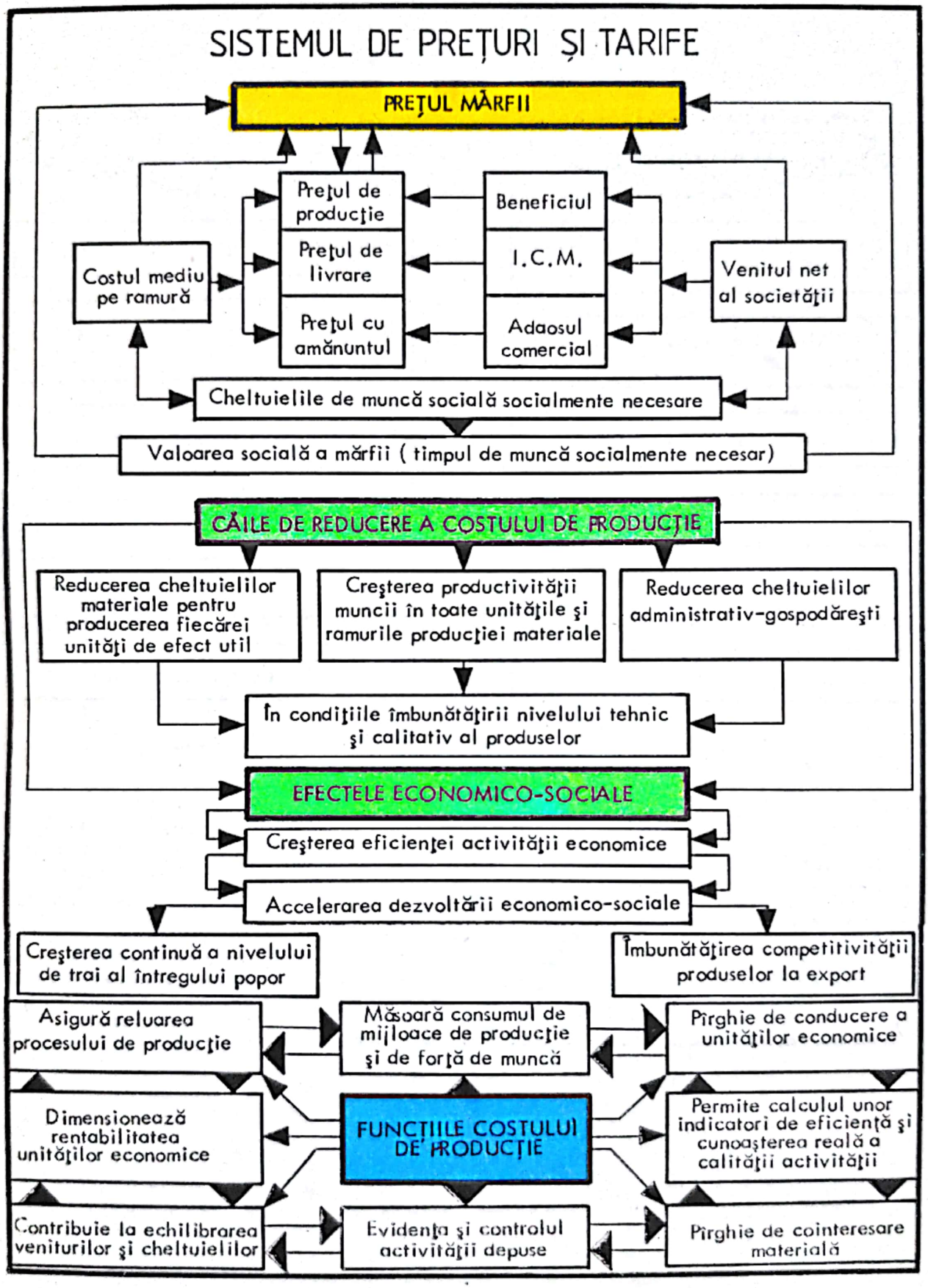
Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner

FORMAREA COSTULUI PRODUCȚIEI - MARFĂ

CHELTUIELI MATERIALE + **CHELTUIELI DE MUNCĂ VIE**

- Materii prime, materiale de bază şi auxiliare
- Materiale recuperabile şi refolosibile (se scad)
- Combustibili
- Energie şi apă
- Amortizarea mijloacelor fixe
- Alte cheltuieli materiale

- Retribuţia personalului muncitor
- Impozitul pe fondul total de retribuire
- Contribuţia la fondul de cercetare ştiinţifică, dezvoltare tehnologică şi introducerea progresului tehnic
- Contribuţia la asigurări sociale
- Alte cheltuieli de muncă vie

CĂILE DE REDUCERE A COSTURILOR DE PRODUCȚIE

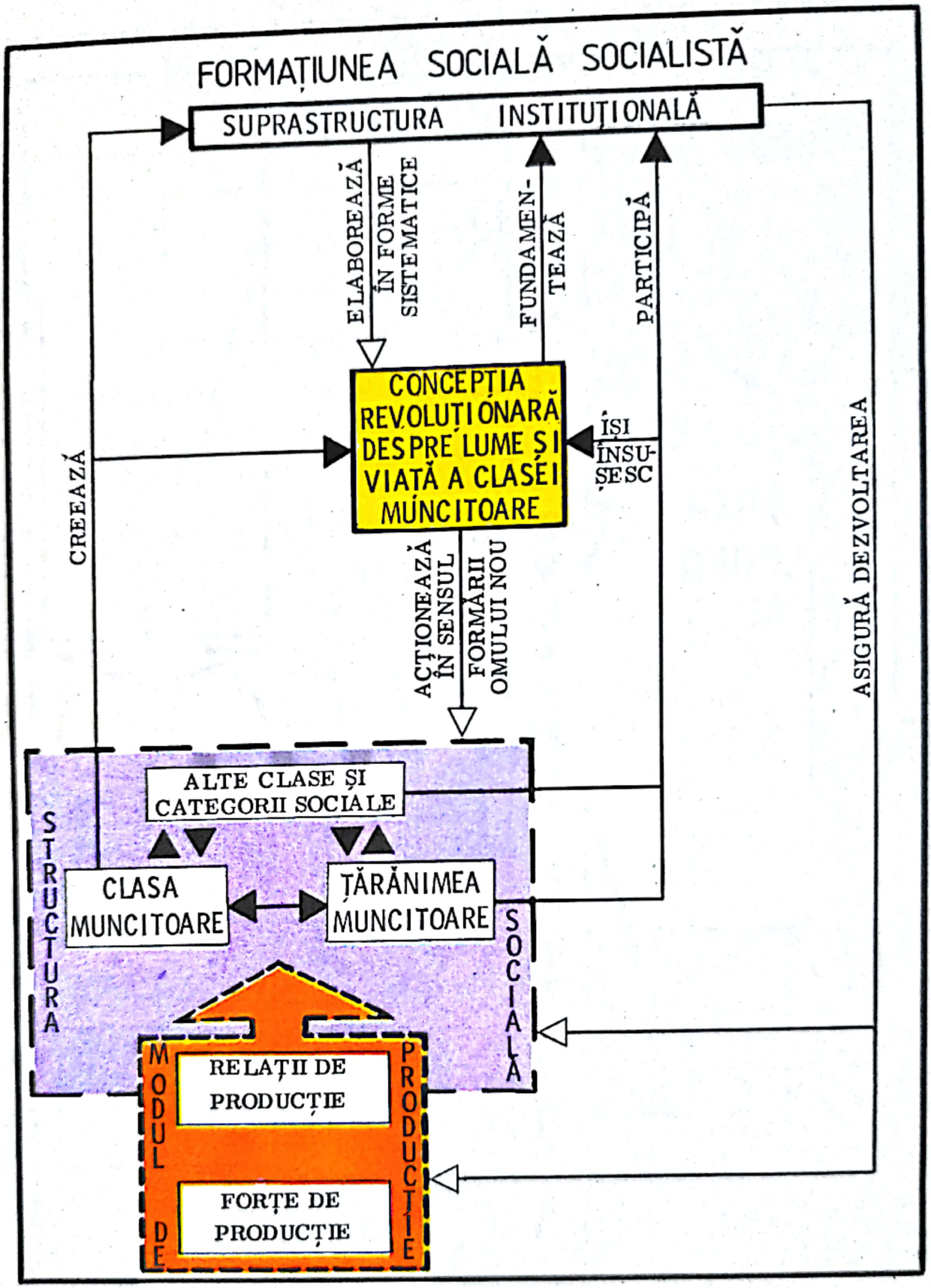
- Micşorarea consumurilor specifice
- Folosirea înlocuitorilor
- Reducerea deşeurilor şi a rebuturilor
- Refolosirea unor materiale
- Utilizarea mai bună a fondurilor fixe

→ REDUCEREA CHELTUIELILOR MATERIALE

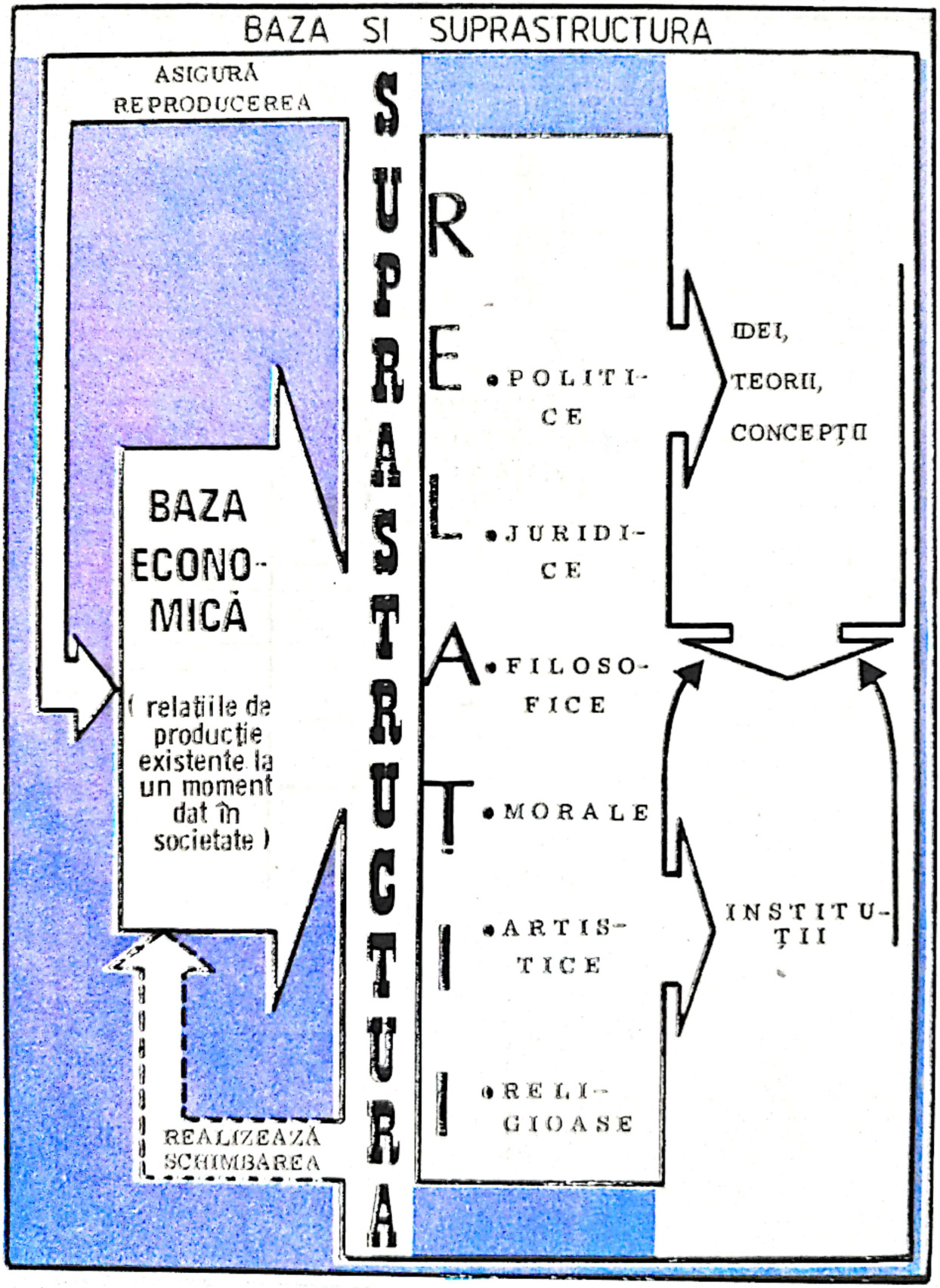
CĂILE DE REDUCERE A COSTURILOR

- CREȘTEREA PRODUCTIVITĂȚII MUNCII
- REDUCEREA CHELTUIELILOR ADMINISTRATIV-GOSPODĂREȘTI

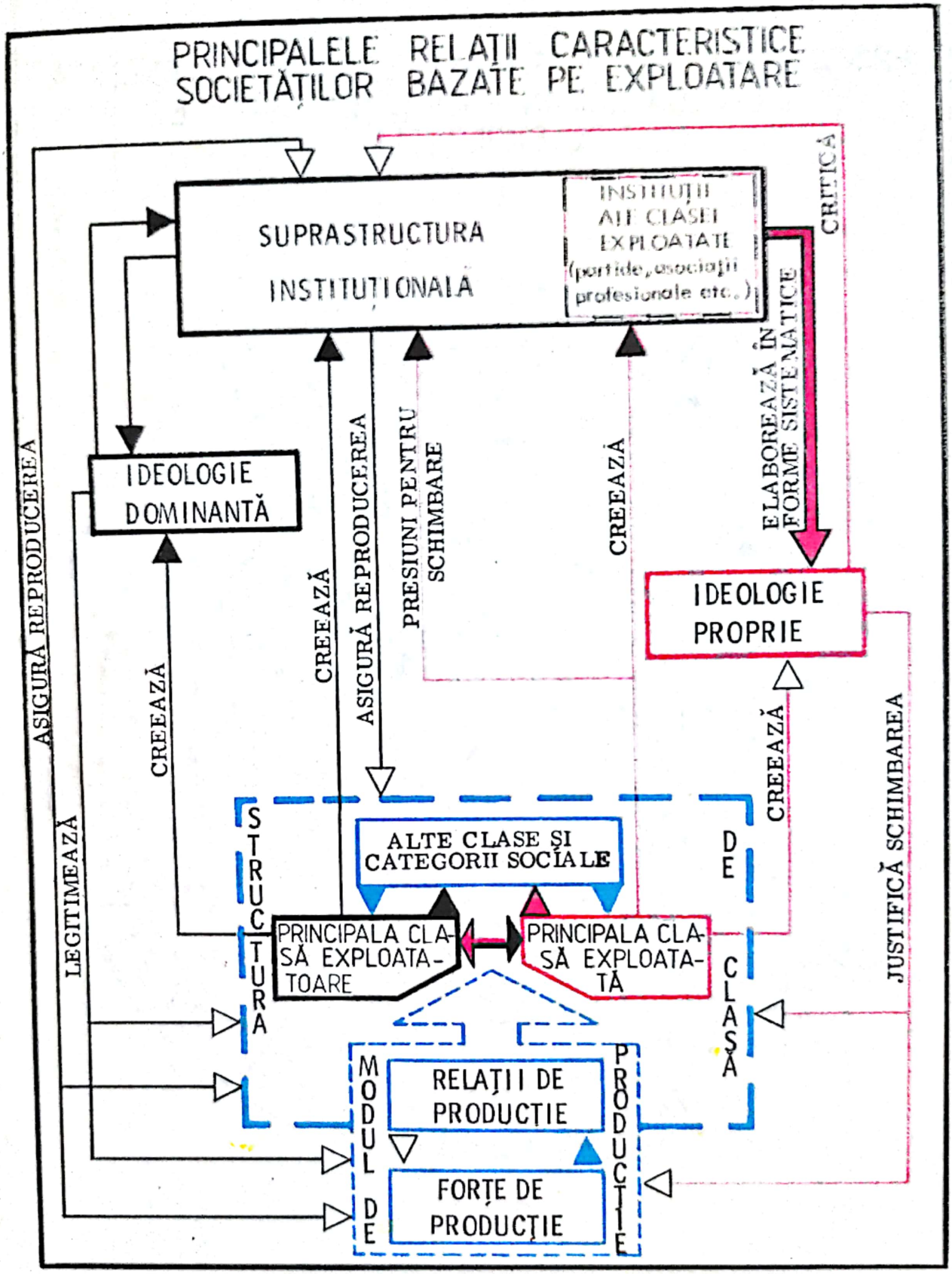
Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner

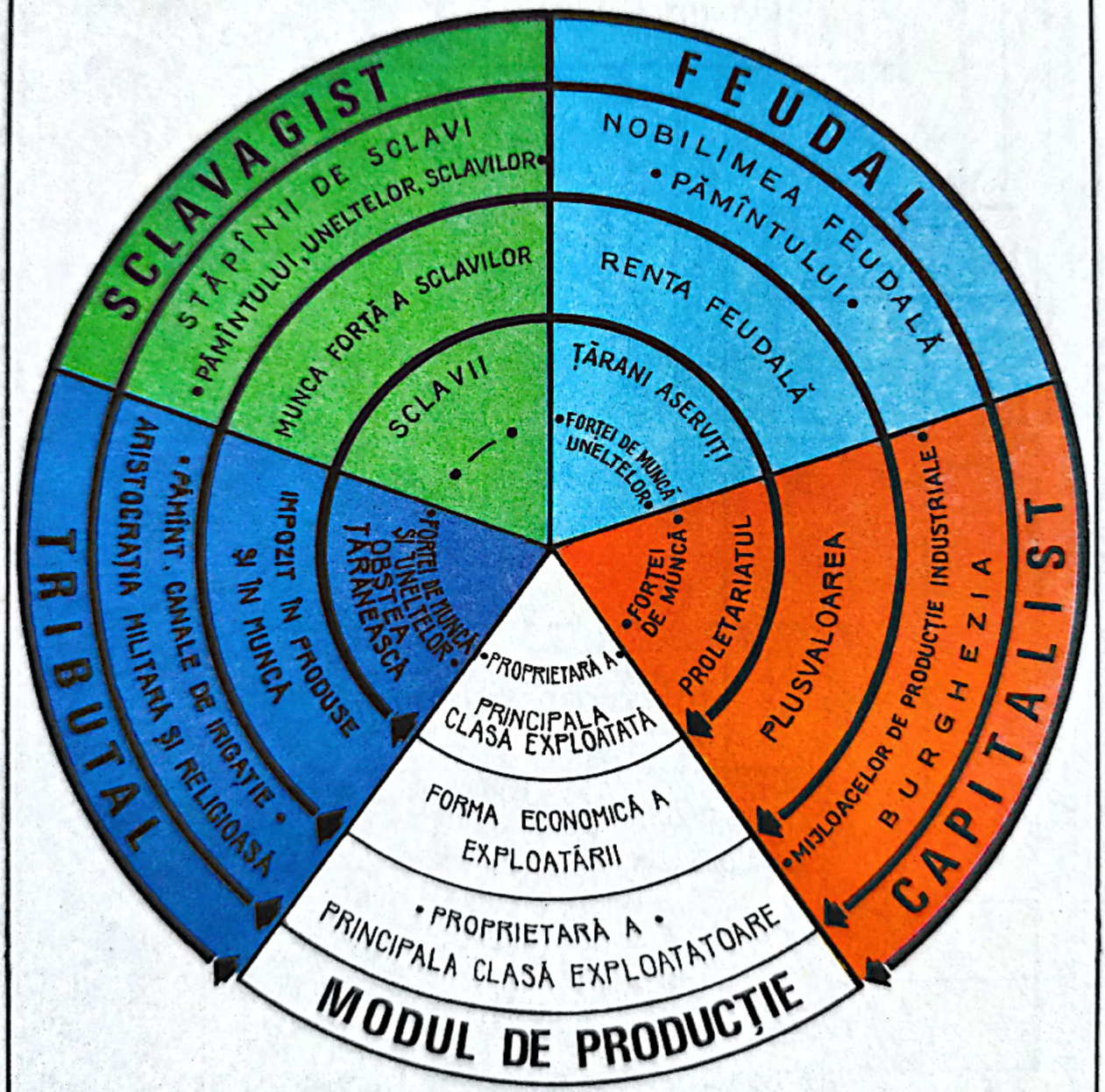


Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner

PRINCIPALELE CLASE SOCIALE ȘI FORMA ECONOMICĂ A EXPLOATĂRII ÎN SOCIETĂȚILE BAZATE PE EXPLOATARE



Scanned with OKEN Scanner

SUCCESIUNEA ISTORICĂ A FORMAȚIUNILOR SOCIALE PRESOCIALISTE ÎN EUROPA ȘI BAZINUL MEDITERANEAN

Formațiunea socială	Perioada istorică de maximă înflorire	Zona de dezvoltare a formelor tipice	Tipul de producție dominant	Unitatea economică de bază	Principalele mijloace de producție	Forma socială a forței de muncă	Principalele clase sociale
Comuna primitivă	pînă în mileniul IV î.e.n.	Europa și bazinul mediteranean	Cules, vînătoare, pescuit	Comunitatea gentilică	Armele și uneltele de cules	Asocierea membrilor egali ai comunității	–
Tributală (asiatică)	mileniul III–I î.e.n.	Egipt, Mesopotamia	Agricultură în văi aluvionare	Obștea sătească	Pămîntul, canalele de irigații	Țărani liberi organizați în obști	Aristocrație militară și religioasă Țărani liberi
Sclavagistă	sec. VI î.e.n. sec. IV e.n.	Grecia, Imperiul Roman	Agricol	Marea latifundie	Pămîntul, uneltele, forța de muncă	Sclavi	Proprietari de sclavi Sclavi
Feudală	sec. VII–XII e.n.	Europa Occidentală	Agricol	Domeniul feudal	Pămîntul, uneltele, animalele	Țărani aserviți	Feudali Iobagi
Capitalistă	sec. XIX	Europa Occidentală	Industrial	Întreprinderea industrială	Materia primă, mașinile	Proletari	Capitaliști Proletari

Scanned with OKEN Scanner

"După cum se ştie, istoria omenirii, deci şi istoria poporului român, este istoria dezvoltării forţelor de producţie şi a relaţiilor sociale, a luptelor împotriva asupririi şi dominaţiei străine, pentru eliberare naţională şi dezvoltare de sine stătătoare, istoria confruntării continue între vechi şi nou".

NICOLAE CEAUȘESCU

ISTORIA CA ISTORIE A LUPTEI DE CLASĂ

- MOMENTE DIN ISTORIA LUPTELOR DE CLASĂ -

ANTICHITATEA

Lupta sclavilor şi ţăranilor împotriva proprietarilor de sclavi şi aristocraţiei

- Răscoala ţăranilor în Sumer (2367 î.e.n.)
- Revolta lucrătorilor în Egipt (1141 î.e.n.)
- Lupte sociale şi răscoale ale sclavilor în Grecia (sec. VI-V î.e.n.)
- Prima mare răscoală ţărănească în China (209 î.e.n.)
- Răscoala sclavilor din Sicilia (137-132 î.e.n.)
- Răscoala sclavilor condusă de Spartacus (73-71 î.e.n.)
- Răscoala "Sprîncenelor Roşii" în China (17-27 e.n.)

EVUL MEDIU

Lupta ţărănimii împotriva nobilimii feudale

- Jacqueria - mare răscoală a ţărănimii franceze (1358)
- Răscoala ţăranilor din Anglia condusă de Wat Tylor (1381)
- Războiul husit (1419-1434)
- Răscoala de la Bobîlna (1437-1438)
- Războiul ţărănesc condus de Gh. Doja (1514)
- Războiul ţărănesc german (1524-1525)

PERIOADA TRECERII LA CAPITALISM

Lupta burgheziei şi a maselor populare împotriva nobilimii feudale

- Revoluţia burgheză din Anglia (1642)
- Revoluţia franceză (1789-1794)
- Războaiele napoleoniene (1801-1815)
- Revoluţia condusă de Tudor Vladimirescu (1821)
- Revoluţiile burghezo-democratice în Europa (1848)

EPOCA MODERNĂ ŞI CONTEMPORANĂ

Lupta proletariatului împotriva burgheziei

- Răscoala muncitorilor din Lyon (1831)
- Începutul mişcării chartiste în Anglia (1838)
- Răscoala ţesătorilor din Silezia (1844)
- Apare "Manifestul Partidului Comunist" de Karl Marx şi Friedrich Engels (februarie 1848)
- Revoluţii burghezo-democratice în Europa (1848)
- Se constituie Asociaţia Internaţională a Muncitorilor (Internaţionala I) (1864)
- Comuna din Paris, primul stat proletar din istorie (1871)
- Se constituie Internaţionala a II-a (1889)
- Crearea Partidului Social-Democrat al Muncitorilor din România (1893)
- Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie (1917)
- Greva generală a proletariatului din România (1920)
- Făurirea Partidului Comunist Român (8-9 mai 1921)
- Revoluţia de eliberare socială şi naţională, antifascistă şi antiimperialistă din România (23 August 1944)

Scanned with OKEN Scanner

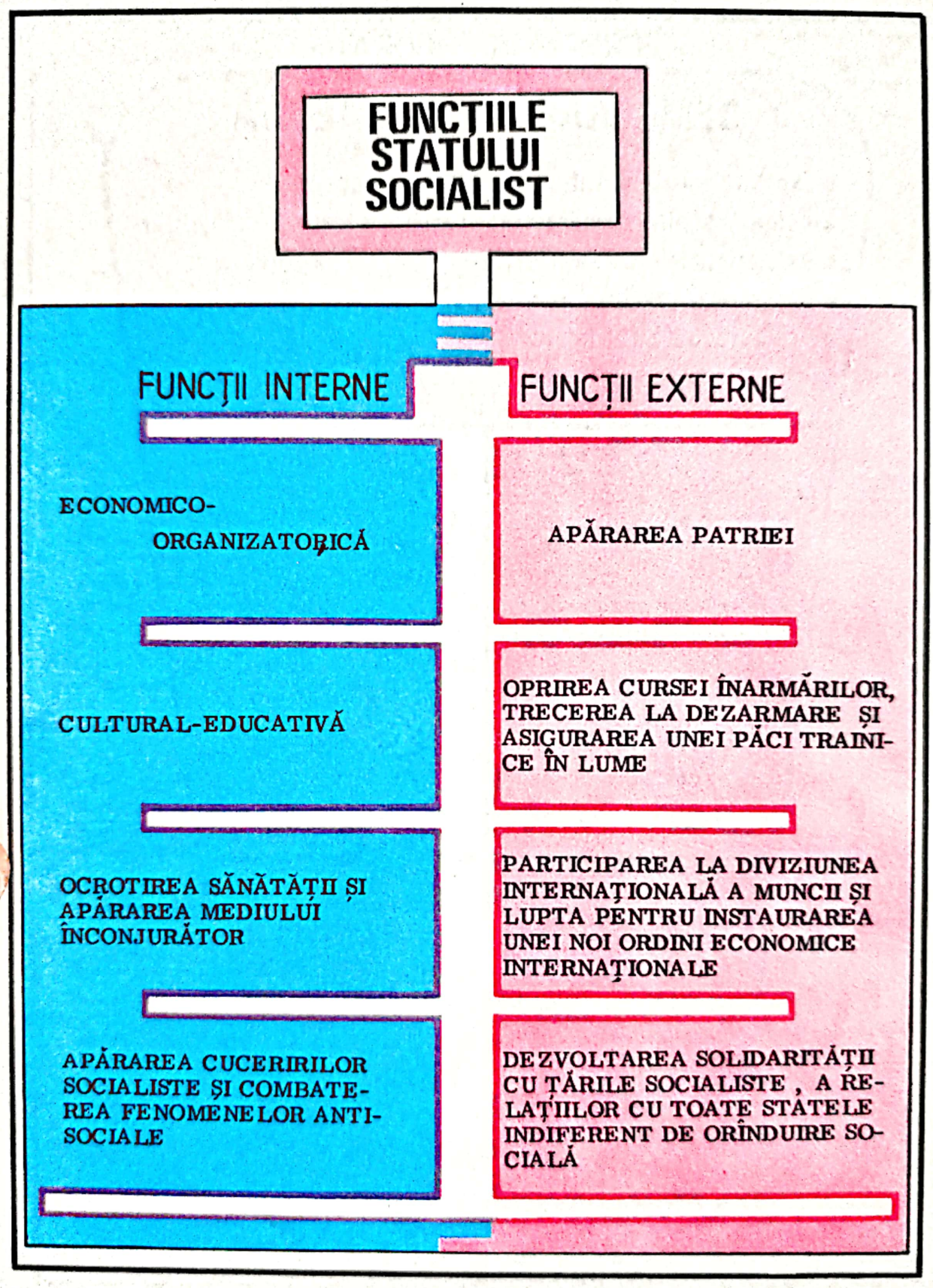
Scanned with OKEN Scanner

FORMELE DEMOCRAȚIEI

DEMOCRAȚIA SOCIALISTĂ

- Exprimă voința și interesele întregii națiuni
- Asigură deplina egalitate în drepturi a tuturor cetățenilor
- Asigură participarea tuturor cetățenilor la conducere
- Garantează efectiv drepturile și libertățile
- Are caracter multilateral

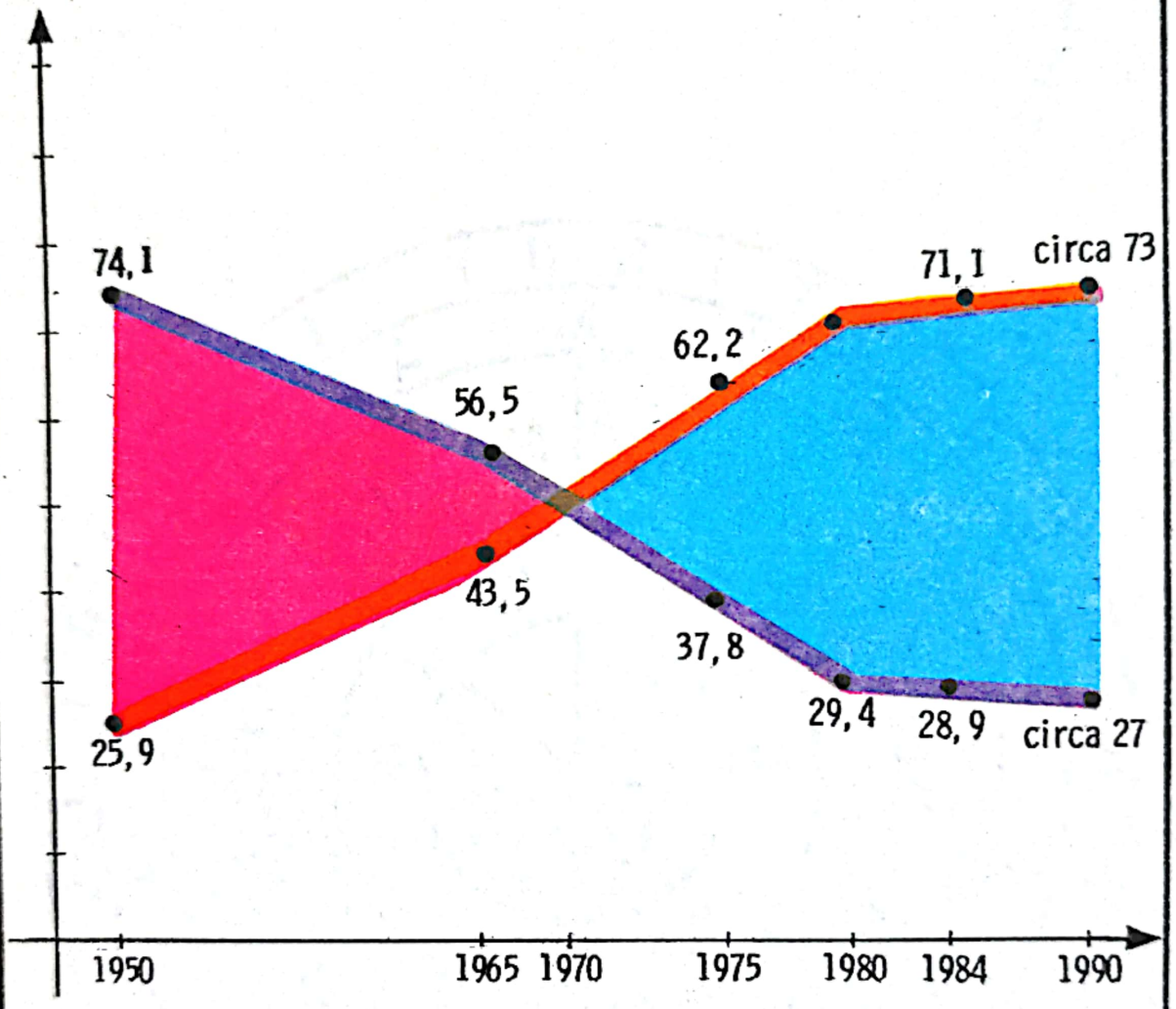
DEMOCRAȚIA BURGHEZĂ	
• Proclamă egalitatea cetățenilor în fața legii • Proclamă principalele drepturi și libertăți cetățenești • Creează principalele instituții democratice (vot universal, parlament etc.)	• Contradictorie în esență datorită caracterului burghez • Nu asigură principalele drepturi proclamate • Caracter instabil • Caracter parțial • Caracter formal
DEMOCRAȚIA	**SCLAVAGISTĂ**
• Proclamă egalitatea cetățenilor • Caracter colectiv al deciziilor	• Sclavii și unele categorii sociale (femei, tineri etc) erau lipsiți de drepturi politice



Scanned with OKEN Scanner

DINAMICA STRUCTURII SOCIALE ÎN ROMÂNIA

- DINAMICA STRUCTURII POPULAȚIEI OCUPATE -



LEGENDĂ :

Populația ocupată în ramurile neagricole

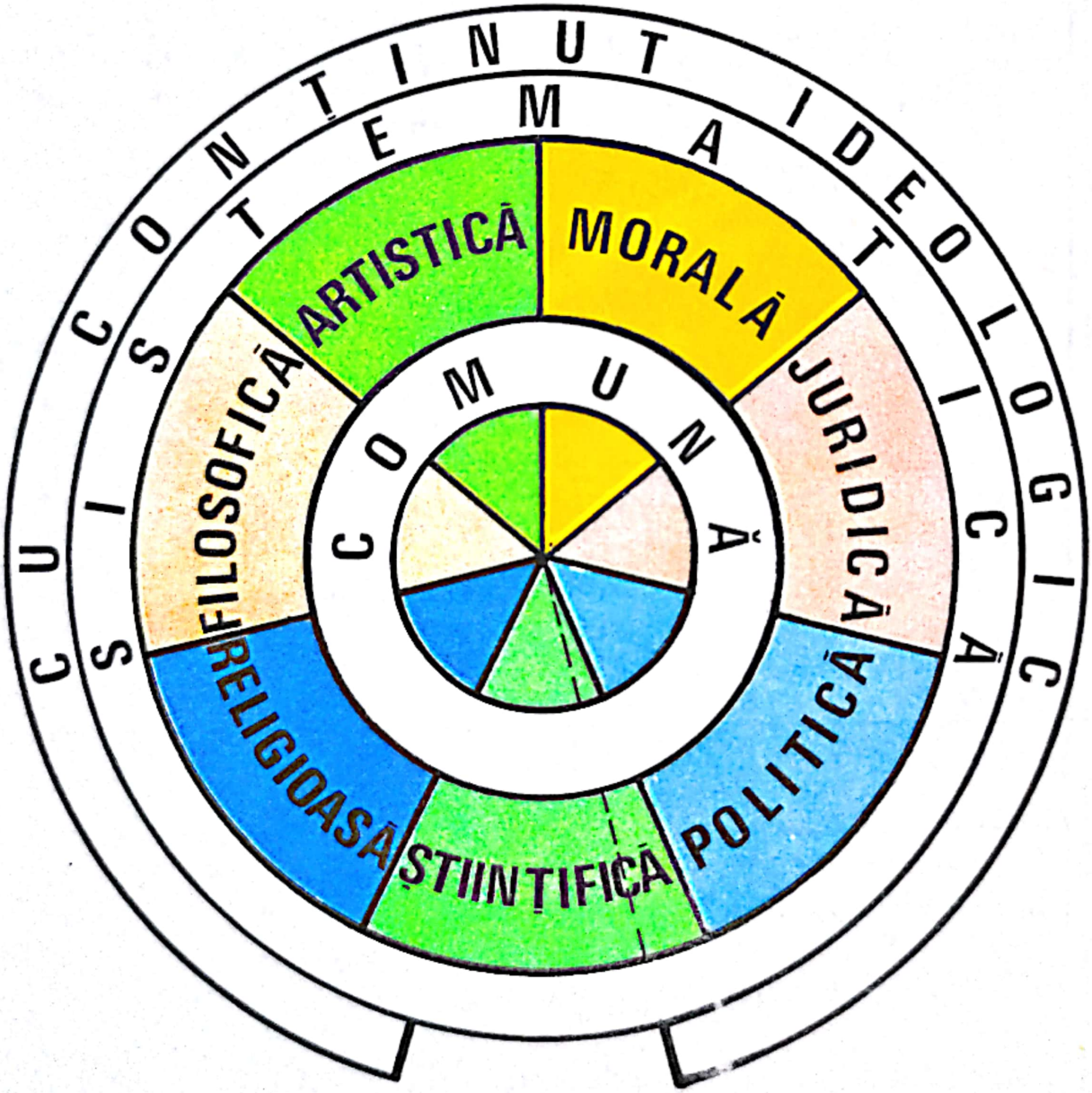
Populația ocupată în agricultură

Plusul de populație ocupată în ramuri neagricole

Plusul de populație ocupată în agricultură

Scanned with OKEN Scanner

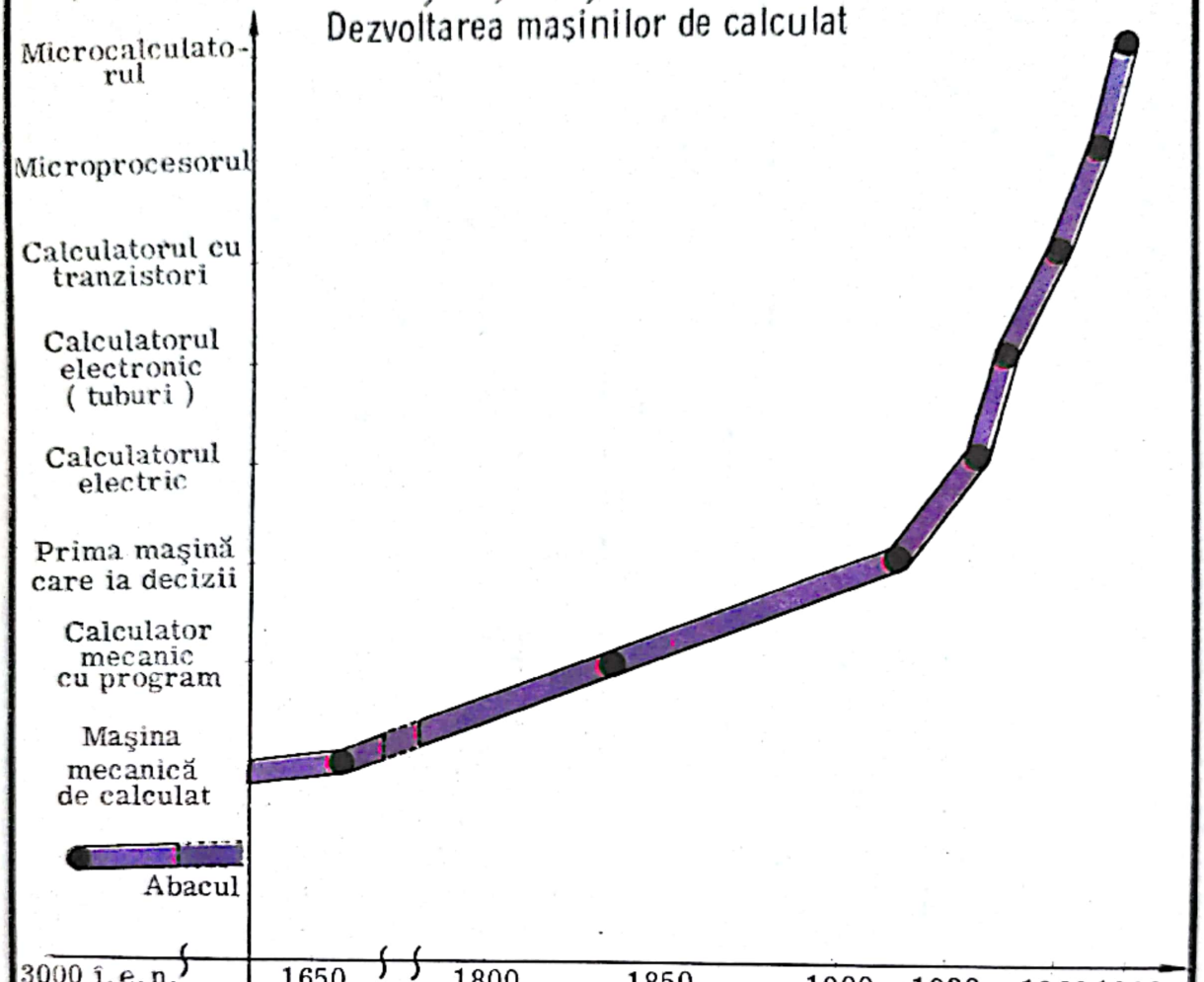
STRUCTURA CONȘTIINȚEI SOCIALE



Scanned with OKEN Scanner

REVOLUȚIA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

Dezvoltarea mașinilor de calculat



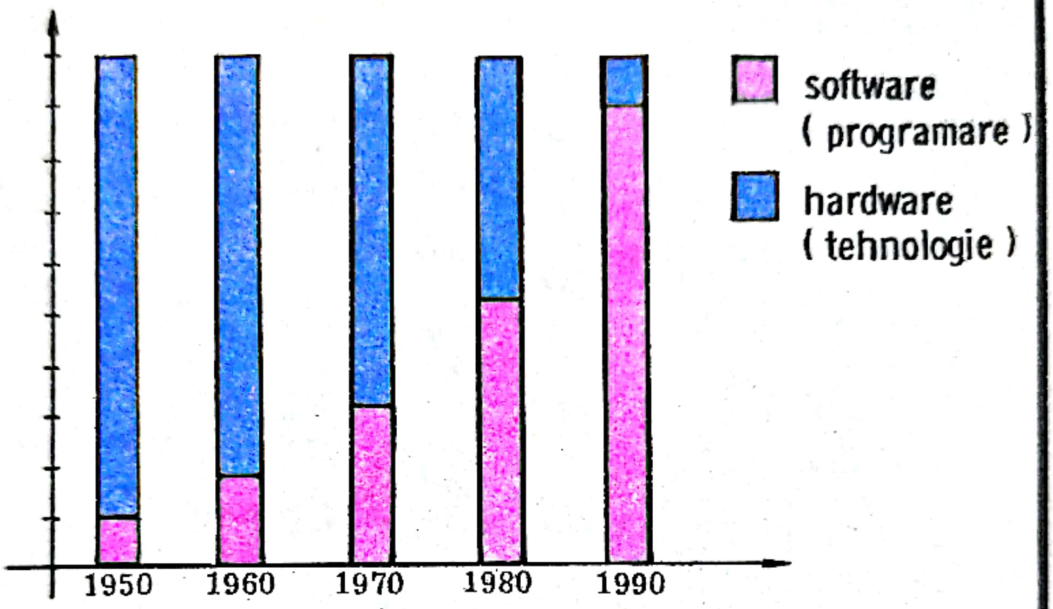
- 3000 î.e.n. - abacul, primul mecanism de socotit
- 1642 - Blaise Pascal construiește prima mașină capabilă să adune și să scadă
- 1672 - G.W. Leibnitz construiește mașina de calculat cu roți dințate
- 1835 - Ch. Babbage proiectează primul calculator cu programare
- 1915 - L. Torres combină tehnicile de calcul electromecanice cu principiile programării
- 1937 - C. Shannon și G. Stibitz proiectează circuite de comutare electrice care funcționează pe baza principiilor lui Boole
- 1941 - K. Zuse dezvoltă un limbaj algoritmic (PK)
- 1945 - J. von Neumann dezvoltă conceptul de program memorat
- 1946 - ENIAC - primul calculator complet electronic (cu tuburi)
- 1951 - primul amplificator cu semiconductori
- 1959 - pachete de circuite tranzistorizate
- 1971 - microprocesoare
- 1976 - un calculator de 8 biți, pe o singură pastilă de siliciu (20.000 tranzistori)

Sursa: Microelectronica și societatea la bine si la rău, Raport către Clubul de la Roma, Editura Politică, București, 1985

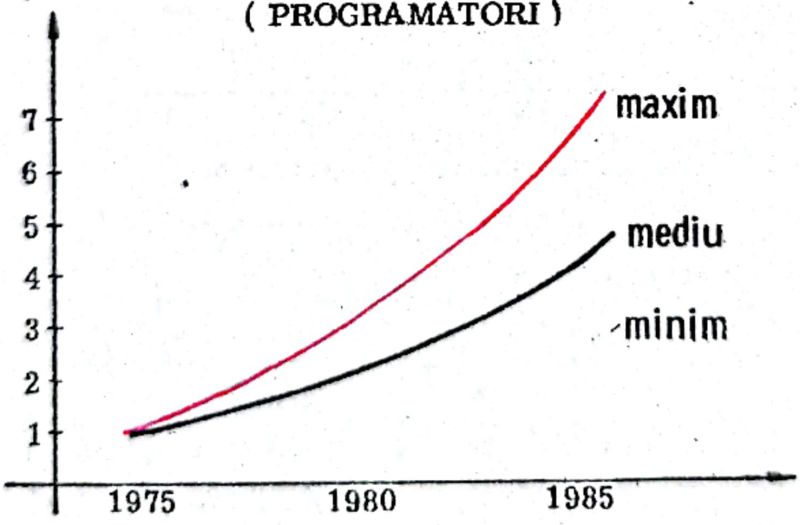
Scanned with OKEN Scanner

IMPLICAȚIILE SOCIALE ALE REVOLUȚIEI ȘTIINȚIFICE ȘI TEHNICE:
Evoluția costului prelucrării de date și creșterea necesarului de specialiști în programare

STRUCTURA COSTURILOR PRELUCRĂRII DE DATE

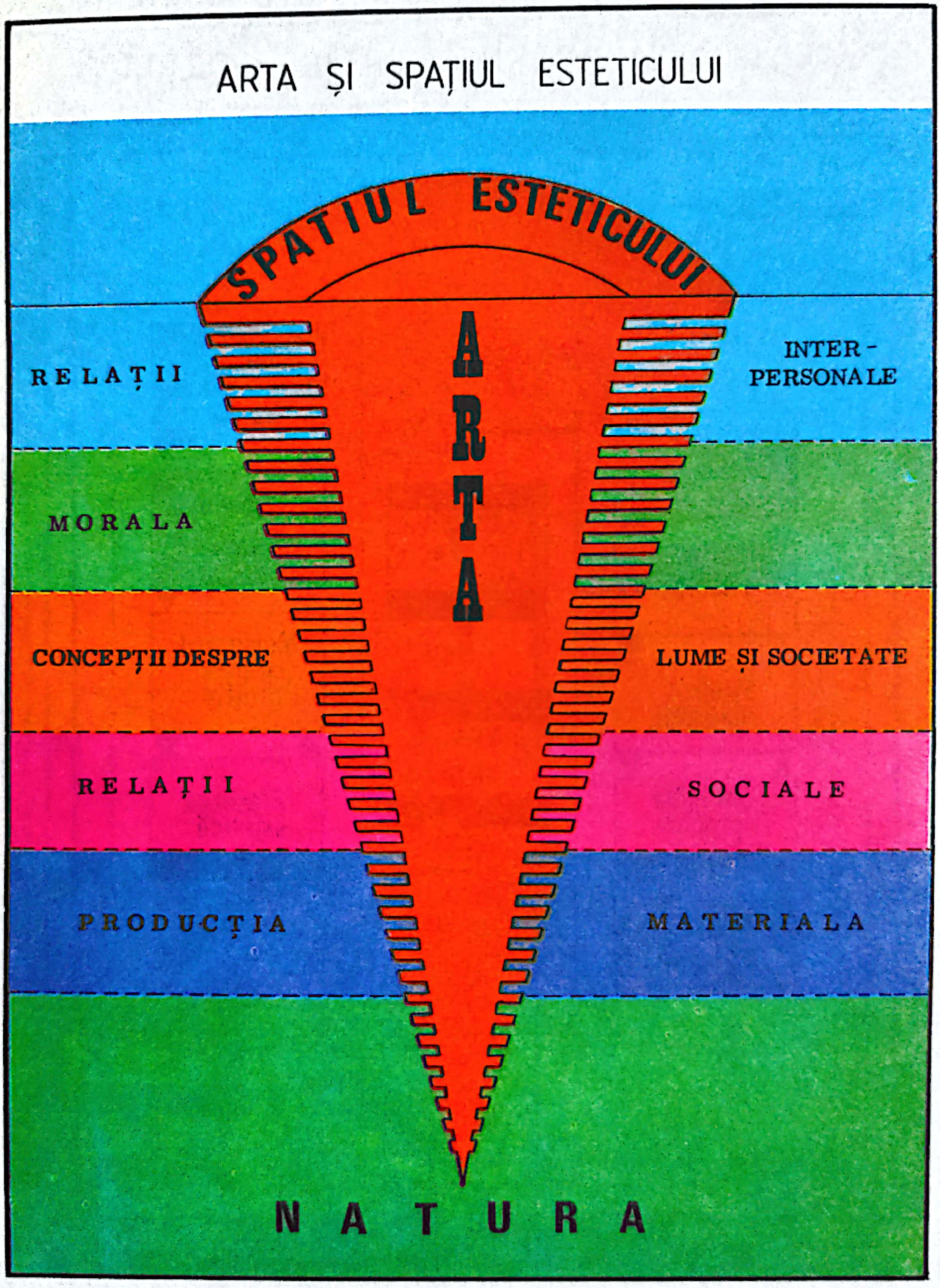


CREȘTEREA NECESARULUI DE INGINERI DE SOFTWARE
(PROGRAMATORI)

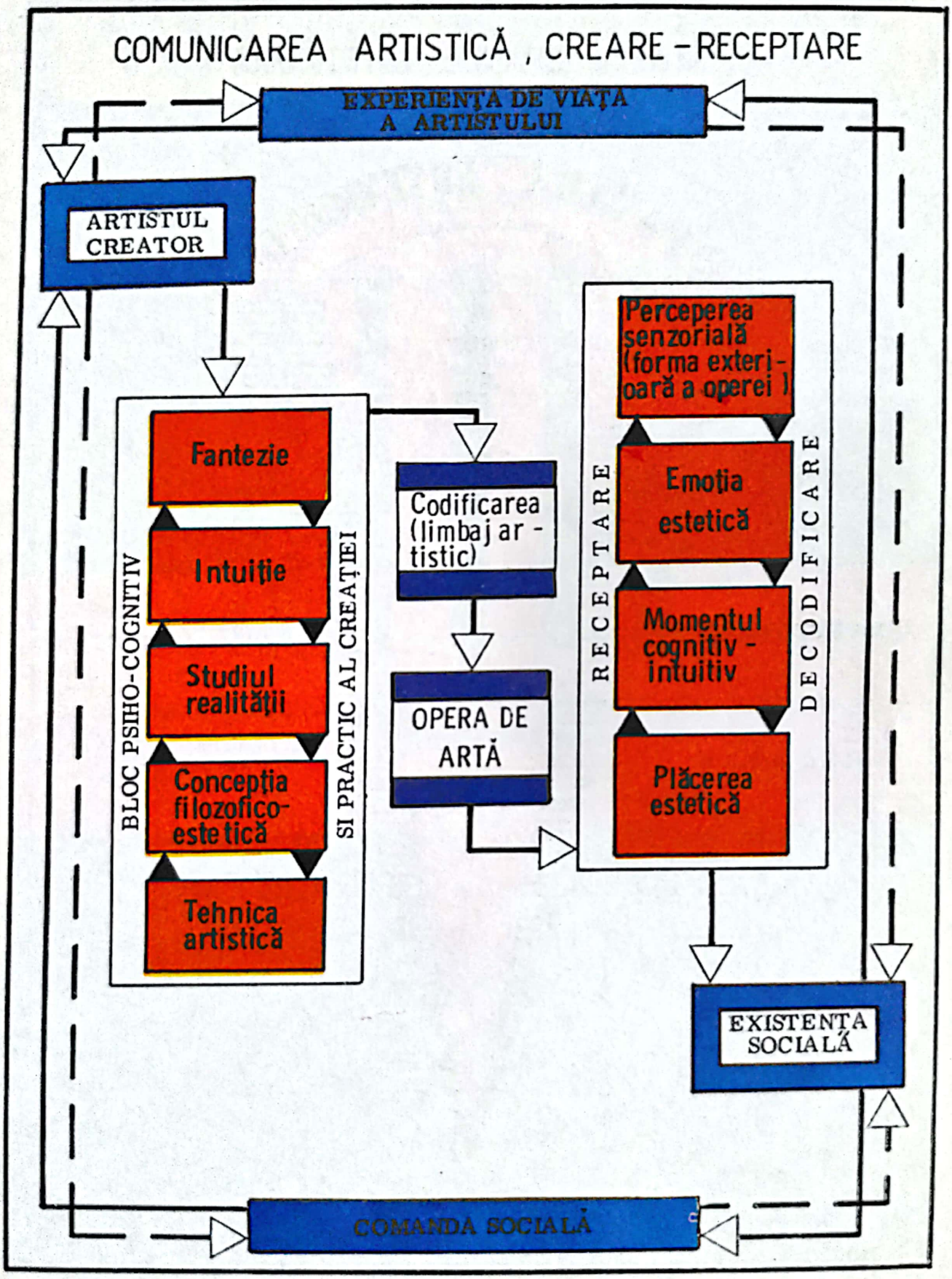


Sursa: Microelectronica și societatea la bine și la rău,
Raport către Clubul de la Roma.
Editura Politică, București, 1985

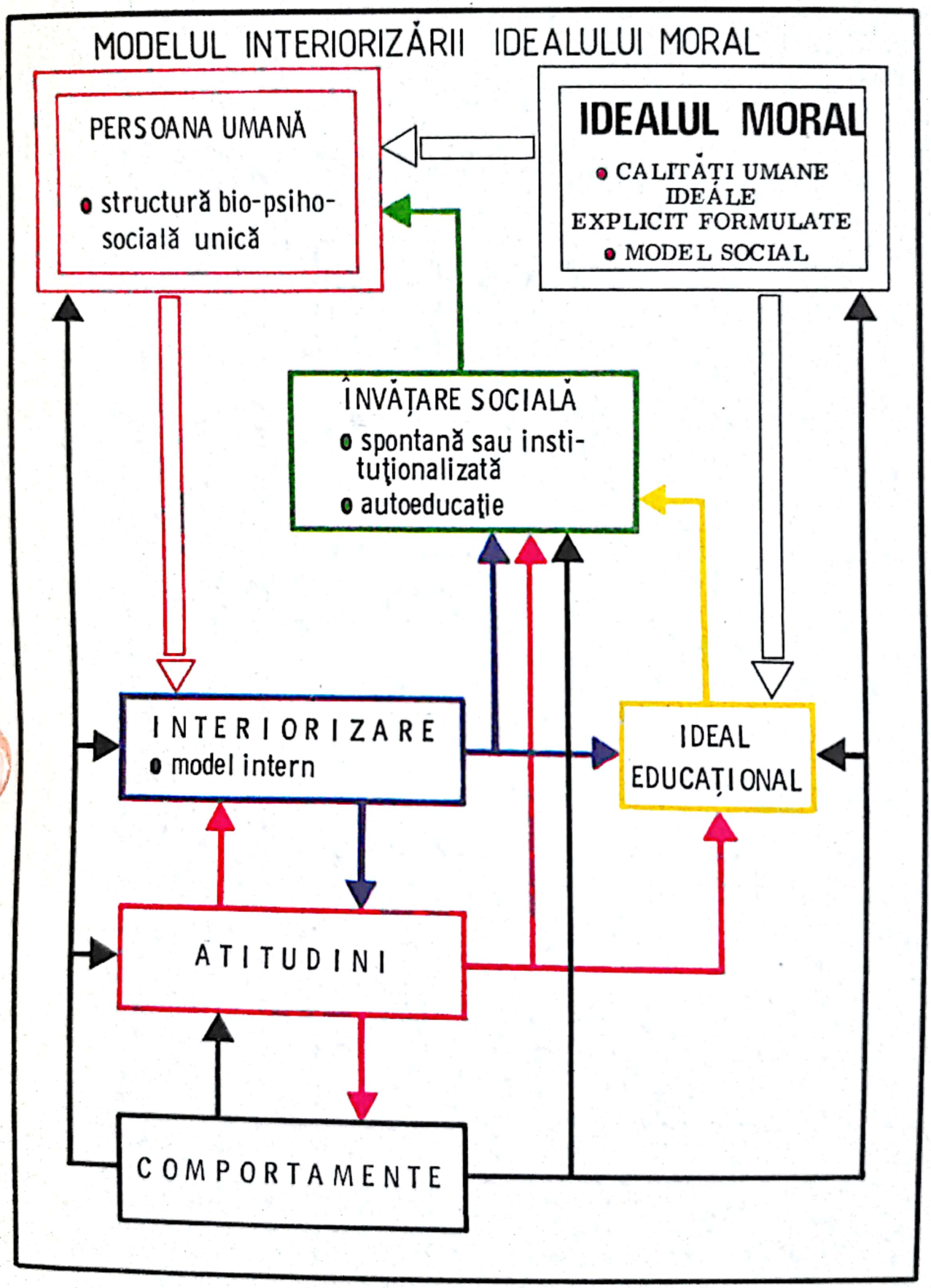
Scanned with OKEN Scanner



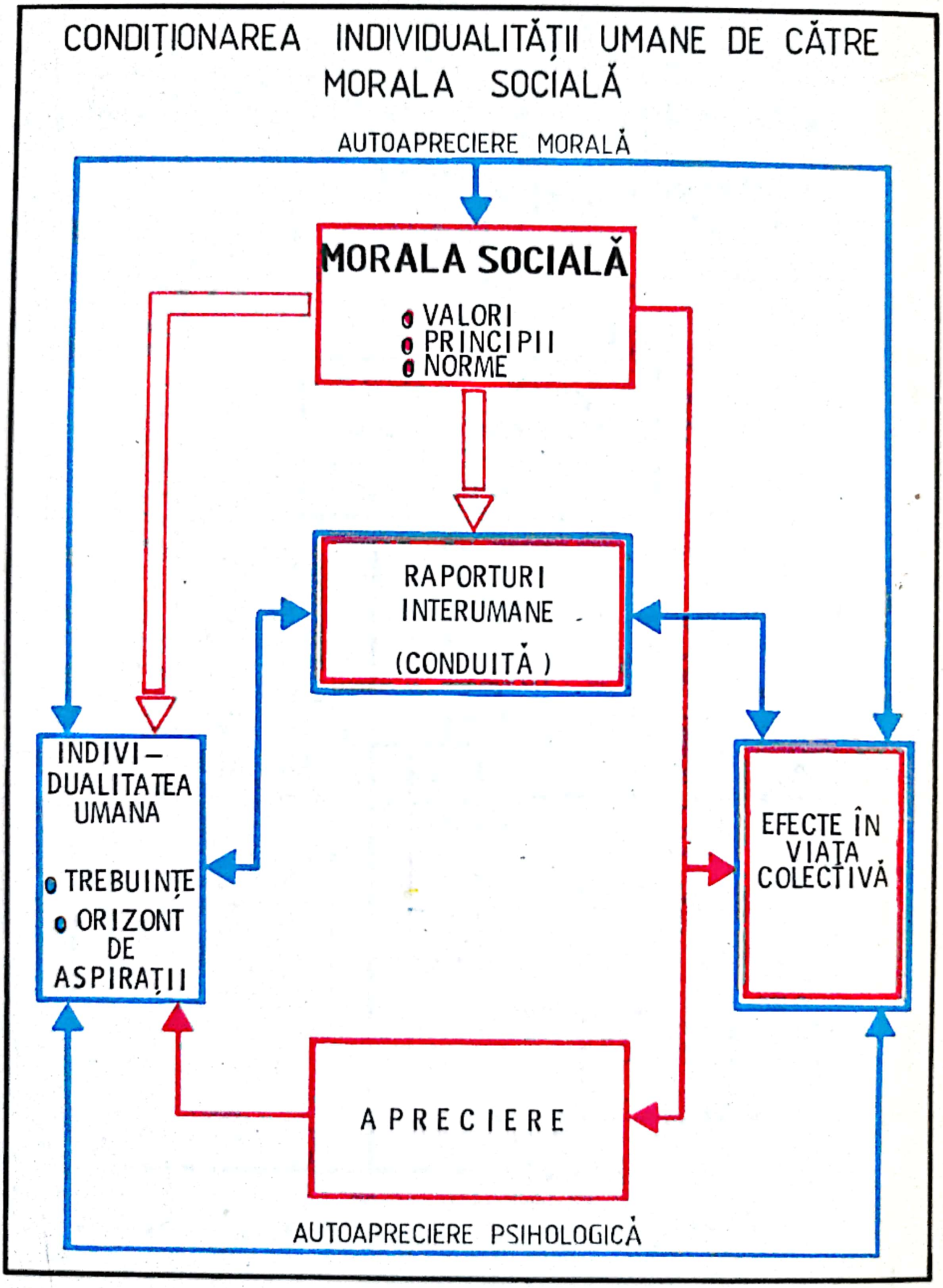
Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner



Scanned with OKEN Scanner